Aperture
Grundlagen der digitalen Fotografie

Apple Computer, Inc.
© 2006 Apple Computer, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Handbuchs darf für kommerzielle Zwecke vervielfältigt oder weitergegeben werden, z. B. für den Verkauf von Kopien des Handbuchs oder zum Bereitstellen von Support-Diensten gegen Bezahlung. Die Informationen in diesem Dokument wurden sorgfältig auf ihre Korrektheit geprüft. Apple übernimmt keine Haftung für Druck- oder Schreibfehler.

Das Apple Logo ist eine Marke der Apple Computer, Inc., die in den USA und weiteren Ländern eingetragen ist. Die Verwendung des über die Tastatur erzeugten Apple Logos für kommerzielle Zwecke ohne vorherige Einwilligung seitens Apple kann als Markenmissbrauch und unlauterer Wettbewerb gerichtlich verfolgt werden.

Apple, das Apple Logo und Apple Cinema Display sind Marken der Apple Computer, Inc., die in den USA und weiteren Ländern eingetragen sind.

Aperture ist eine Marke der Apple Computer, Inc.

Inhalt

Vorwort 5 **Einführung in die Grundlagen der digitalen Fotografie**

Kapitel 1 7 **Aufnehmen von Bildern mit Digitalkameras**
7 Typen von Digitalkameras
8 DSLR-Kameras (digitale Spiegelreflexkameras)
9 Digitale Sucherkameras
11 Kamerakomponenten und Konzepte der Digitalfotografie
11 Objektiv
13 Bildwinkelverkleinerung bei digitalen Spiegelreflexkameras (DSLR-Kameras)
15 Digitaler Zoom
16 Blende
16 Objektivgeschwindigkeit
18 Verschluss
18 Einsetzen der Reziprozität bei Aufnahme Ihres Bilds
19 Digitaler Bildsensor
21 Speicherkarte
22 Externer Blitz
22 Informationen zu RAW, JPEG und TIFF
22 RAW
23 Gründe für die Aufnahme von RAW-Dateien
24 JPEG
24 TIFF
24 Aufnahmetipps
24 Ruhig Halten der Kamera
25 Minimieren des Rote-Augen-Effekts in Ihren Fotos
27 Verringern von digitalem Rauschen

Kapitel 2 29 **Die Darstellung digitaler Bilder**
29 Die subjektive Farbwahrnehmung des menschlichen Auges
31 Licht- und Farbwahrnehmung durch das Auge
32 Lichtquellen
32 Die Farbtemperatur des Lichts
33 Der Einfluss des Weißabgleichs auf die Farbtemperatur

34 Messen der Lichtintensität
35 Aufnehmen einer Belichtungsreihe für ein Bild
35 Darstellen digitaler Bilder
36 Additive und subtraktive Farben im Vergleich
37 Die Farbskala
37 Anzeigen von Bildern auf dem Bildschirm
38 Die Bedeutung der Farbkalibrierung auf Ihrem Bildschirm
38 Apple Cinema Displays – geeignet für das Bildschirm-Proofing
39 Darstellung von Bildern im Druck
39 Druckertypen

Kapitel 3 41 **Informationen zur Auflösung**
41 Was bedeutet „Auflösung“?
41 Hinweise zu Pixeln
42 Hinweise zur Farbtiefe
44 Gerätespezifische Maßeinheiten für die Auflösung
45 Zuordnen der Auflösung von Kamera bis Drucker
45 Auflösung von Kameras
46 Auflösung von Monitoren
46 Unterschiede zwischen den Auflösungen von CRT-Monitoren und Flachbildschirmen
46 Auflösung von Druckern
47 Berechnen von Farbe und Informationen zu Fließkomma-Berechnungen
47 Hinweise zur Farbtiefe und Quantisierung
48 Hinweise zum Zusammenhang zwischen Fließkomma und Farbtiefe
49 Informationen zur Verwendung des Fließkommas in Aperture

Anhang 51 **Bildnachweise**

Einführung in die Grundlagen der digitalen Fotografie

Dieses Dokument erklärt die in der digitalen Fotografie verwendete Terminologie. Es wendet sich besonders an professionelle Fotografen, die erstmals mit Computern und digitaler Fototechnologie arbeiten.

Aperture ist ein leistungsstarkes Programm für die digitale Fotografie, das Sie dabei unterstützt, bestmögliche Aufnahmen zu erzeugen. Die Qualität Ihrer Bilder kann jedoch auch durch zahlreiche Faktoren außerhalb von Aperture beeinflusst werden. Die Berücksichtigung dieser Faktoren unterstützt Sie dabei, zu optimalen Ergebnissen zu gelangen.

In den folgenden Kapiteln wird erläutert, wie Ihre Kamera ein digitales Bild aufnimmt, wie Bilder auf dem Bildschirm und in Abzügen dargestellt werden und wie Kameras, Bildschirme und Drucker die Bildauflösung messen.

Aufnehmen von Bildern mit Digitalkameras

1

Wenn Sie bisher analoge Fotoapparate verwendet haben und mit digitalen Medien noch wenig vertraut sind, lesen Sie dieses Kapitel. Sie finden hier grundlegende Informationen über die verschiedenen Typen von Digitalkameras, über Komponenten dieser Kameras sowie über Konzepte und Aufnahmetipps.

Fotos werden aus verschiedensten Gründen aufgenommen. So werden manche Bilder für wissenschaftliche Zwecke gemacht, andere werden als Werbeaufnahmen verkauft und wieder andere werden einfach aus Spaß oder unter einem rein künstlerischen Aspekt aufgenommen. Unabhängig davon, aus welchem Grund Sie eine Kamera zur Hand nehmen und ein Motiv wählen, kann Ihnen ein Verständnis der Funktionsweise von Kameras dabei helfen, qualitativ hochwertige Bilder zu erzeugen.

Dieses Kapitel enthält Informationen zu folgenden Themen:

- Typen von Digitalkameras (S. 7)
- Kamerakomponenten und Konzepte der Digitalfotografie (S. 11)
- Informationen zu RAW, JPEG und TIFF (S. 22)
- Aufnahmetipps (S. 24)

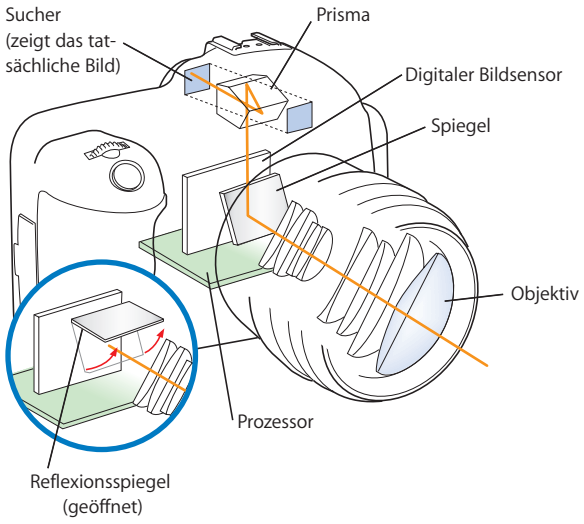
Typen von Digitalkameras

Einfach ausgedrückt ist eine Digitalkamera ein fotografisches Gerät, das aus einem lichtundurchlässigen Gehäuse mit einer Linse auf der einen Seite und einem digitalen Bildsensor anstelle der traditionellen Filmplatte auf der anderen Seite besteht. Aufgrund der schnellen Weiterentwicklungen in der digitalen Fotografie fällt es Einsteigern u. U. aber nicht leicht, den Überblick über die zahlreichen Funktionen und Optionen zu behalten.

Digitalkameras können in zwei grundlegende Kameratypen unterteilt werden: DSLR-Kameras (Digital Single Lens Reflex, digitale Spiegelreflexkameras) und digitale Sucherkameras.

DSLR-Kameras (digitale Spiegelreflexkameras)

Diese Kamera wurde nach dem reflektierenden Spiegel benannt, der es ermöglicht, das Bild durch die Linse zu betrachten, bevor es aufgenommen wird. Das Licht fällt durch die Linse der DSLR-Kamera auf einen reflektierenden Spiegel und wird durch ein Prisma zum Sucher gelenkt. Das Bild im Sucher entspricht dabei dem tatsächlichen Bildbereich. Bei der Aufnahme des Bilds wird der Spiegel nach oben geklappt, sodass der geöffnete Verschluss den digitalen Bildsensor freigibt, der dann das Bild aufnimmt. Die meisten Funktionen einer DSLR-Kamera sind anpassbar, was einen stärkeren Einfluss des Fotografen auf das aufgenommene Bild ermöglicht. An den meisten DSLR-Kameras können auch austauschbare Linsen (Wechselobjektive) angebracht werden, sodass Sie Objektive mit unterschiedlichen Brennweiten mit demselben Kameragehäuse verwenden können.

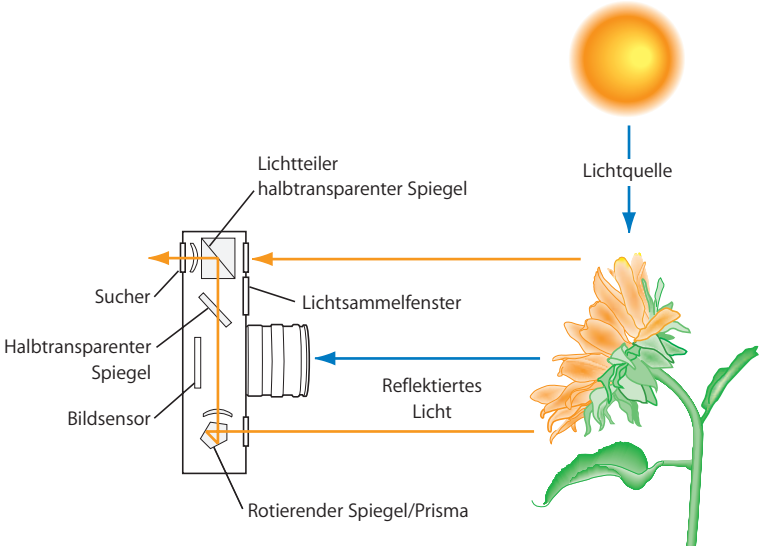


Digitale Sucherkameras

Es gibt zwei Klassen digitaler Sucherkameras: Messsucherkameras und Kompaktkameras.

Messsucherkameras

Im Gegensatz zu DLSR-Kameras bietet die Messsucherkamera dem Fotografen keine Möglichkeit, das Motiv durch das Objektiv anzusehen. Stattdessen verwendet die Kamera einen Spiegel oder ein Prisma, das die durch den Sucher zu sehenden Bilder mithilfe der Triangulation (Dreiecksmessung) zur Deckung bringt, sowie ein zweites Fenster, um das Motiv scharf zu stellen. Der Fotograf sieht im Sucher zwei übereinander liegende Bilder. Die Aufnahme ist scharfgestellt, wenn nur noch ein Bild zu sehen ist. Wie bei DSLR-Kameras lassen sich auch bei Messsucherkameras die meisten Funktionen anpassen, sodass das aufgenommene Bild exakt eingestellt werden kann. Ein Vorteil einer Messsucherkamera im Vergleich zu einer DSLR-Kamera ist, dass die Aufnahmen praktisch verwacklungsfrei sind, da kein Spiegel vorhanden ist, der einen Spiegelschlag verursachen könnte. Neben dem Spiegelschlag, der durch Heraufklappen des Spiegels in einer DSLR-Kamera verursacht wird, ist auch der Fotograf für ein Verwackeln der Aufnahmen verantwortlich.

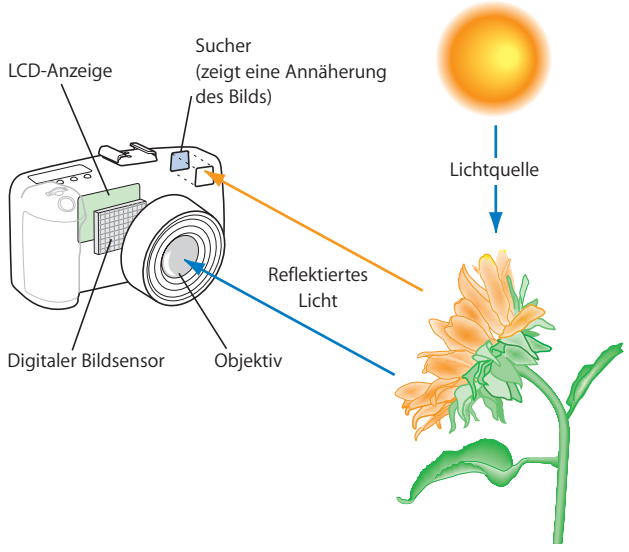


Unscharf
(Bildüberlagerungen sind nicht deckungsgleich)

Scharf
(Bildüberlagerungen sind deckungsgleich)

Digitale Kompaktkameras

Hierbei handelt es sich um leichte Digitalkameras, die sich durch eine besonders einfache Bedienung auszeichnen. Grundsätzlich wird mit Kompaktkameras das Motiv „anvisiert“ und dann aufgenommen ohne manuell Anpassungen an Blendenöffnung, Verschlussgeschwindigkeit, Fokus und anderen Einstellungen vorzunehmen, die professionelle Fotografen bei anspruchsvolleren Kameras im Normalfall durchführen. Natürlich bieten auch einige digitale Kompaktkameras anpassbare Einstellungen für Blendenöffnung und Verschluss. Digitale Kompaktkameras sind jedoch meist klein und leicht, besitzen einen integrierten automatischen Blitz und die Schärfe muss nicht eingestellt werden. Ein Großteil dieser Kameras verfügt über ein LCD-Display, auf dem Sie das Bild über den digitalen Bildsensor in Echtzeit durch das Objektiv betrachten können. Die meisten Hersteller von Kompaktkameras trennen den Sucher von der Linseneinheit, um eine einfache Bauweise und ein kompaktes Format zu erzielen. Das Objektiv, die Blende und der Verschluss bilden eine Einheit und können nicht von der Kamera getrennt werden.



Da bei Sucherkameras der optische Weg zwischen dem Sucher und der Linseneinheit getrennt ist, wird der Bildausschnitt mithilfe von optischer Kompression und Formatrahmen annähernd angegeben. Diese Annäherung, die so genannte Sucherparallaxe, führt häufig zu kleinen Unterschieden zwischen dem, was der Fotograf im Sucher sieht, und dem, was im Bild aufgenommen wird. Besonders bei Nahaufnahmen fallen diese Unterschiede auf.

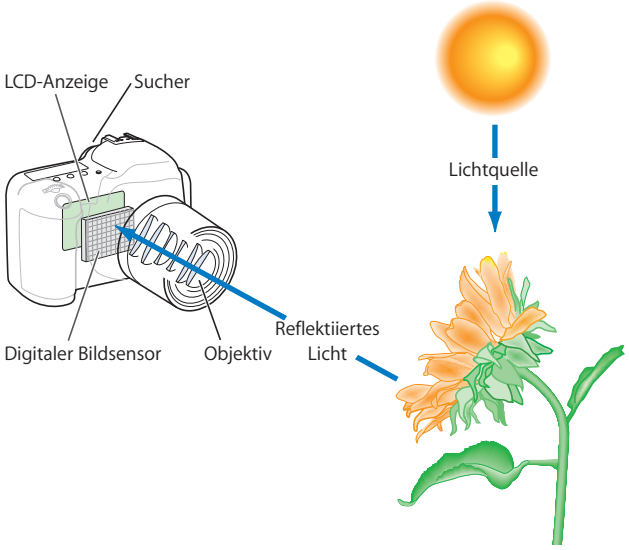
Kamerakomponenten und Konzepte der Digitalfotografie

Nachfolgend werden die grundlegenden Komponenten einer DSLR-Kamera beschrieben. (Die meisten Komponenten einer Sucherkamera sind auch in einer DSLR-Kamera zu finden.)

- Objektiv
- Blende
- Verschluss
- Digitaler Bildsensor
- Speicherkarte
- Externer Blitz

Objektiv

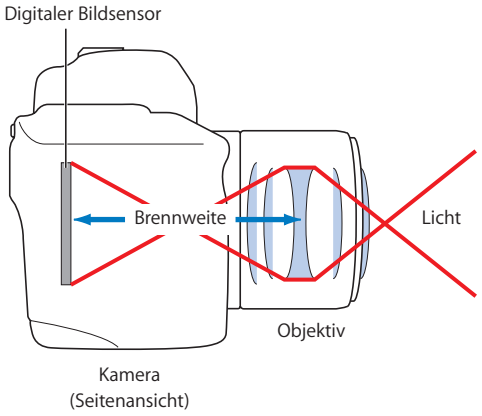
Ein Objektiv besteht aus einer Reihe empfindlicher, meist aus Glas gefertigter Elemente. Diese sind so konstruiert, dass sie das reflektierende Licht eines Motivs an einem bestimmten Punkt – dem digitalen Bildsensor – fokussieren.



Neben der Auswahl eines Bildausschnitts erfolgt auch die Aufnahme des von Ihrem Motiv reflektierten Lichts durch das Objektiv Ihrer Kamera.

Brennweite

Ein wichtiges Merkmal eines hochwertigen Objektivs ist die Brennweite. Die *Brennweite* wird technisch als der Abstand zwischen dem Teil des optischen Wegs definiert, an dem die Lichtstrahlen zusammengeführt werden, und dem Punkt, an dem die durch das Objektiv fallenden Lichtstrahlen auf der Bildebene (oder dem digitalen Bildsensor) fokussiert werden. Dieser Abstand wird üblicherweise in Millimetern gemessen. Praktisch gesehen kann man sich die Brennweite als die durch das Objektiv erzeugte Vergrößerung vorstellen. Je größer die Brennweite, desto stärker vergrößert das Objektiv das Motiv. Neben der Vergrößerung bestimmt die Brennweite auch die Perspektive und Kompression eines Motivs.



Bildwinkelverkleinerung bei digitalen Spiegelreflexkameras (DSLR-Kameras)

Die meisten Wechselobjektive wurden ursprünglich für das 35-mm-Filmformat analoger Spiegelreflexkameras hergestellt und klassifiziert. Wenn Sie das 35-mm-Filmformat mit der Bildformatgröße der meisten digitalen Bildsensoren vergleichen, erkennen Sie, dass die meisten digitalen Bildsensoren etwas kleiner sind. Die Brennweite eines Objektivs ändert sich, wenn es auf eine DSLR-Kamera mit einem digitalen Bildsensor aufgesetzt wird, der kleiner als 35 mm ist. Dieses kleinere Bildformat erhöht die Brennweite des Objektivs auf effektive Weise, da ein größerer Teil des Bildkreises, den das Objektiv abbildet, abgeschnitten wird. Wenn Sie beispielsweise ein 100-mm-Objektiv auf eine DSLR-Kamera mit einem digitalen Bildsensor mit 24 mm aufsetzen, wird die Brennweite des Objektivs mit einem Faktor von ungefähr 1,6 multipliziert. Ein 100-mm-Objektiv mit einem Bildwinkelverkleinerungsfaktor von 1,3 wird damit zu einem 130-mm-Objektiv (100 mm multipliziert mit 1,3).

Ein weiterer Grund, die Bildwinkelverkleinerung nicht außer Acht zu lassen, besteht darin, dass die Aufnahme von Weitwinkelbildern zunehmend schwieriger wird, wenn Kameras mit kleineren digitalen Bildsensoren verwendet werden. Wenn Ihr digitaler Bildsensor beispielsweise 24 mm groß ist, benötigen Sie ein Objektiv mit einer Brennweite von weniger als 24 mm, um eine Weitwinkelaufnahme machen zu können. Informieren Sie sich in den technischen Daten Ihrer Kamera über die Größe des digitalen Bildsensors.

Objektivtypen

Es gibt eine breite Palette von Objektivtypen. Zu den gängigsten Objektiven gehören beispielsweise Tele-, Weitwinkel-, Zoom- und Festbrennweiten-Objektive. Alle diese Objektive haben eine grundlegende Funktion gemeinsam: sie erfassen das vom Motiv reflektierte Licht und leiten es gebündelt auf den Bildsensor. Die Objektive unterscheiden sich allerdings darin, auf welche Weise sie das Licht weiterleiten.

Hinweis: Die hier genannten Objektivtypen sind die grundlegendsten Arten, die wiederum in mehrere Unterkategorien und Mischformen unterteilt werden können.

Teleobjektiv

Bei einem Teleobjektiv handelt es sich um ein Objektiv mit einer großen Brennweite, mit dem Motiv vergrößert wird. Teleobjektive werden häufig von Sport- und Naturfotografen verwendet, die ihre Motive aus großer Entfernung aufnehmen. Auch Fotografen, die die Tiefenschärfe (den fokussierten Bildbereich) sehr genau einstellen möchten, setzen Teleobjektive ein. Die größeren Blendenöffnungen kombiniert mit der großen Brennweite eines Teleobjektivs können dazu führen, dass die Tiefenschärfe auf einen kleinen Bereich beschränkt wird (entweder den Vordergrund, die Mitte oder den Hintergrund des Bilds). Kleinere Blendenöffnungen und große Brennweiten bewirken, dass sich Objekte im Vordergrund näher an Objekten im Hintergrund zu befinden scheinen.

Weitwinkelobjektiv

Ein Weitwinkelobjektiv ist ein Objektiv mit einer kleinen Brennweite, das den Bildwinkel der Kamera vergrößert. Weitwinkelobjektive werden beispielsweise verwendet, wenn sich das Objekt ganz im Vordergrund befindet und der Fotograf den Hintergrund ebenfalls scharf aufnehmen möchte. Meist ist die Brennweite eines Weitwinkelobjektivs kleiner als das Bildformat. Im Zeitalter der digitalen Fotografie unterscheiden sich die Größen der Bildsensoren jedoch, und die Faktoren für die Bildwinkelverkleinerung der meisten DSLR-Kameras sorgen für eine größere Brennweite. Lesen Sie die technischen Daten Ihrer Kamera, um sich über die Größe des digitalen Bildsensors Ihrer Kamera zu informieren. Wenn Ihr digitaler Bildsensor 28 mm groß ist, benötigen Sie ein Objektiv mit einer Brennweite von weniger als 28 mm, um eine Weitwinkelaufnahme machen zu können.

Zoom-Objektiv

Bei einem Zoom-Objektiv, auch als *optisches Zoom-Objektiv* bezeichnet, kann die Brennweite mechanisch geändert werden. Ein Zoom-Objektiv ist äußerst praktisch, da bei zahlreichen dieser Objektive die Brennweite von einer Weitwinkeleinstellung in eine Standardeinstellung und von der Standardeinstellung in eine Tele-Einstellung geändert werden kann. Dadurch erübrigt es sich, bei der Aufnahme eines Motivs oder Projekts mehrere Objektive mitzunehmen und diese auszuwechseln. Allerdings sind die Blendenstufen (f-Stops) durch die Bewegung zwischen den Brennweiten nicht immer ganz korrekt. Damit sich die Blende genauer einstellen lässt, besitzen die Zoom-Objektive vieler Hersteller mehrere Mindestwerte für die Blendenöffnung, die bei der Änderung einer kleineren in eine größere Brennweite verwendet werden können. Das führt jedoch auch dazu, dass das Objektiv bei größeren Brennweiten langsamer arbeitet. (Eine Erklärung der Objektivgeschwindigkeit finden Sie im Abschnitt „Objektivgeschwindigkeit“ auf Seite 16.) Außerdem benötigt ein Zoom-Objektiv zusätzliche Glaselemente, um das Licht bei unterschiedlichen Brennweiten richtig zu fokussieren. Das Licht sollte durch so wenig Glas wie möglich geleitet werden, um ein möglichst hochwertiges Bild zu erhalten.

Digitaler Zoom

Mit der digitalen Zoom-Funktion, die einige Kameramodelle anbieten, wird das Motiv eigentlich nicht durch Zoomen vergrößert. Vielmehr wird der mittlere Bereich des Bildausschnitts herausgegriffen und durch eine Vergrößerung der Pixel größer dargestellt. Dadurch erhalten Sie ein Bild mit einer geringeren allgemeinen Bildqualität. Wenn Sie kein Teleobjektiv oder optisches Zoom-Objektiv besitzen und eine Nahaufnahme machen möchten, gehen Sie wenn möglich näher an Ihr Motiv heran.

Festbrennweiten-Objektiv

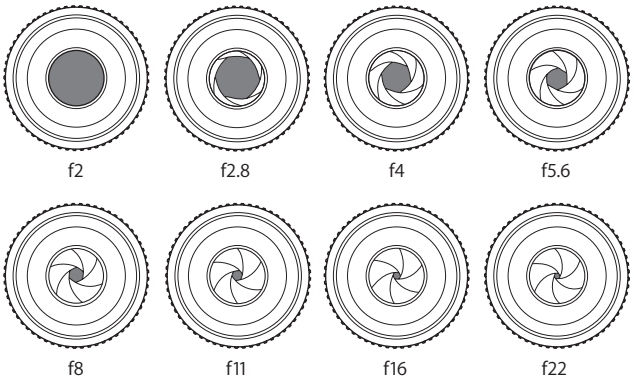
Ein Festbrennweiten-Objektiv besitzt eine unveränderbare Brennweite. Festbrennweiten-Objektive verfügen häufig über größere maximale Blendenöffnungen und sind daher schneller. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt „Objektivgeschwindigkeit“ auf Seite 16. Größere Blendenöffnungen ermöglichen hellere Bilder in Situationen mit geringer Ausleuchtung sowie eine bessere Steuerung der Tiefenschärfe. Festbrennweiten-Objektive werden in erster Linie von Porträt-Fotografen verwendet. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt „Tiefenschärfe“ auf Seite 17.

Blende

Die Blende bezeichnet die Öffnung im Objektiv (erzeugt durch eine anpassbare Fotoblende), durch die Licht in die Kamera gelangt. Die Belichtung des Bilds wird durch eine Kombination von Verschlussgeschwindigkeit und Öffnung der Blende bestimmt. Je größer die Blendenöffnung, desto mehr Licht kann durch das Objektiv gelangen. Die Blendenöffnung wird in Blendenstufen (f-Stops) gemessen. Jede Stufe erhöht bzw. verringert die Lichtmenge um das Doppelte bzw. die Hälfte. Die Blendeneinstellung (Blendenstufe) bestimmt gemeinsam mit der Brennweite des Objektivs die Tiefenschärfe eines Bilds. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt „Tiefenschärfe“ auf Seite 17.

Blendenstufe (f-Stop)

Der Fotograf passt die Öffnung der Blende durch Einstellen der Blendenstufe an. Eine Blendenstufe bezeichnet das Verhältnis der Brennweite des Objektivs zum Durchmesser der Blendenöffnung. Bei einem 50-mm-Objektiv mit einer Blendenöffnung bis zu einem Durchmesser von 12,5 mm beispielsweise liegt die Blendenstufe bei f4 (50 ÷ 12,5 = 4). Daher gilt: Je größer der numerische Wert der Blendenstufe, desto kleiner die Öffnung der Blende. Die Geschwindigkeit eines Objektivs wird durch die größte Blendenstufe des Objektivs (die kleinste Zahl) bestimmt. Folglich arbeiten Objektive mit größeren Blendenöffnungen schneller.



Objektivgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit eines Objektivs wird durch die maximale Lichtmenge bestimmt, die das Objektiv weiterleiten kann – also dem größten Blendenstufenwert. Kann ein Objektiv mehr Licht weiterleiten als andere Objektive derselben Brennweite, so wird dieses Objektiv als *schnell* bezeichnet. Mit schnellen Objektiven können Fotografen auch bei schlechten Lichtverhältnissen Bilder mit einer höheren Verschlussgeschwindigkeit aufnehmen. Objektive mit maximalen Blendenstufenwerten zwischen f1.0 und f2.8 gelten z. B. als schnell.

Tiefenschärfe

Die Tiefenschärfe bezeichnet den Bereich des Bilds, der vom Vordergrund bis zum Hintergrund scharf angezeigt wird. Bestimmt wird die Tiefenschärfe durch eine Kombination der Blendenöffnung und der Brennweite des Objektivs. Eine kleine Blendenöffnung führt zu einer größeren Tiefenschärfe. Durch die Steuerung der Tiefenschärfe kann ein Fotograf auf einfache Weise ein Bild mit der gewünschten Wirkung erstellen. Anhand einer Verringerung der Tiefenschärfe eines Bilds lässt sich die Aufmerksamkeit des Betrachters auf das fokussierte Objekt lenken. Oft hilft eine Verringerung der Tiefenschärfe, um Bildstörungen im Hintergrund zu vermeiden. Im Gegensatz dazu ist bei Landschaftsaufnahmen ein Bild mit einer großen Tiefenschärfe optimal. Es macht hier keinen Sinn, die Tiefenschärfe nur auf den Vordergrund zu beschränken.

Teleobjektive (mit großen Brennweiten) haben häufig eine geringe Schärfe, wenn die Blende vollständig geöffnet ist. Dadurch wird die Tiefenschärfe eines Bilds eingeschränkt. Weitwinkelobjektive (mit kleinen Brennweiten) erzeugen in der Regel Bilder mit einer großen Tiefenschärfe, und zwar unabhängig von der Blendenöffnung.

Geringe Tiefenschärfe
Nur der Vordergrund ist scharf.

Optimale Tiefenschärfe
Das Bild ist vom Vordergrund bis in den Hintergrund scharf.

Verschluss

Der Verschluss ist ein komplizierter Mechanismus, der genau steuert, wie lange das durch das Objektiv scheinende Licht mit dem digitalen Bildsensor in Kontakt ist. Der Kameraverschluss wird durch eine Auslösetaste aktiviert.

Vor der Einführung der digitalen Fotografie blieb der Verschluss geschlossen, um eine Belichtung des Films zu vermeiden. Abhängig vom Typ des digitalen Bildsensors ist u. U. kein mechanischer Verschluss erforderlich. Im Gegensatz zu einem Verschluss, der Licht durchlässt, das eine chemische Reaktion im Film auslöst, kann der digitale Bildsensor einfach ein- und ausgeschaltet werden.

Verschlussgeschwindigkeit

Die *Verschlussgeschwindigkeit* bezieht sich auf die Zeitdauer, die der Verschluss geöffnet oder der digitale Bildsensor aktiviert ist. Die Belichtung des Bilds wird durch eine Kombination der Verschlussgeschwindigkeit und der Öffnung der Blende bestimmt. Die Verschlussgeschwindigkeit wird in Sekundenbruchteilen angegeben, etwa 1/8 oder 1/250. Ähnlich wie bei der Einstellung der Blendenöffnung erfolgt auch die Einstellung der Verschlussgeschwindigkeit in Schritten, die entweder die Hälfte oder das Doppelte der vorherigen Einstellung betragen. 1/60 einer Sekunde ist beispielsweise eine um die Hälfte kürzere Belichtungszeit als 1/30 einer Sekunde, jedoch ungefähr doppelt so viel wie 1/125 einer Sekunde.

Fotografen verwenden die Verschlussgeschwindigkeit häufig, um Bewegung zu vermitteln oder festzuhalten. Ein sich schnell bewegendes Objekt, etwa ein Auto, wird verschwommen dargestellt, wenn es mit einer niedrigen Verschlussgeschwindigkeit wie 1/8 aufgenommen wird. Bei einer hohen Verschlussgeschwindigkeit von etwa 1/1000 wirken die Rotorblätter eines fliegenden Helikopters dagegen wie fixiert.

Einsetzen der Reziprozität bei Aufnahme Ihres Bilds

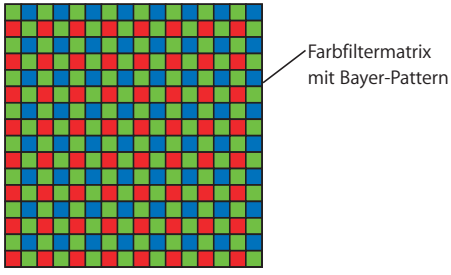
Sie können die Blendenöffnung und Verschlussgeschwindigkeit anpassen, um verschiedene richtig belichtete Bilder zu erstellen. Das Verhältnis zwischen Blende und Verschluss wird als *Reziprozität* (Wechselwirkung) bezeichnet. Durch die Reziprozität erhält der Fotograf eine Steuerungsmöglichkeit über die Tiefenschärfe des Bilds, die den fokussierten Bildbereich beeinflusst. Damit kann ganz einfach gesteuert werden, auf welchen Teil des Bilds der Betrachter seine Aufmerksamkeit richten soll.

Durch Öffnen der Blende um eine Stufe und Verringern der Verschlussgeschwindigkeit um eine Stufe wird beispielsweise die gleiche Belichtung erreicht. Auch das Schließen der Blende um eine Stufe und Erhöhen der Verschlussgeschwindigkeit um eine Stufe führt zur gleichen Belichtung. Daher entspricht f4 bei 1/90 einer Sekunde der Einstellung f5.6 bei 1/45 einer Sekunde. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Blendeneinstellung und Verschlussgeschwindigkeit der Kamera gemeinsam für die richtige Belichtung eines Bilds sorgen.

Digitaler Bildsensor

Wenn das vom fotografierten Motiv reflektierte Licht durch Objektiv und Blende fällt, wird das Bild vom digitalen Bildsensor aufgenommen. Bei einem digitalen Bildsensor handelt es sich um den Computerchip im Inneren der Kamera, der aus Millionen einzelner Elemente besteht, die Licht erfassen können. Die lichtempfindlichen Elemente wandeln Lichtenergie auf Grundlage der Lichtintensität in Spannungswerte um. Anschließend werden die Spannungswerte von einem ADC-Chip (Analog-Digital-Wandler) in digitale Daten umgewandelt. Dieser Prozess wird als *Analog-Digital-Umwandlung* bezeichnet. Die digitalen Werte, die den Spannungswerten für jedes Element entsprechen, werden kombiniert und erzeugen so die Ton- und Farbwerte des Bilds.

Jedes lichtempfindliche Element auf einem digitalen Bildsensor verfügt entweder über einen roten, einen grünen oder einen blauen Filter, der einem Farbkanal in einem Pixel im aufgenommenen Bild entspricht. Es gibt entsprechend der Farbwahrnehmung des menschlichen Auges ungefähr doppelt so viele grüne Filter wie blaue und rote. Diese Farbanordnung wird auch als *Farbfiltermatrix mit Bayer-Pattern* bezeichnet. (Weitere Informationen dazu, wie das Auge Farben wahrnimmt, finden Sie im Abschnitt „Licht- und Farbwahrnehmung durch das Auge“ auf Seite 31.) Mithilfe eines als *Farbinterpolation* bezeichneten Prozesses werden die zusätzlichen Farbwerte für jedes Element verlässlich erzeugt.

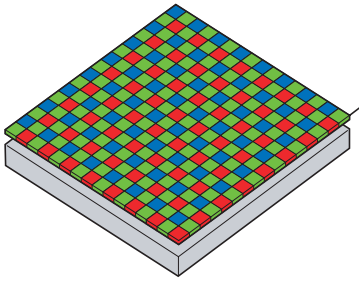


Gängige Typen digitaler Bildsensoren

In den meisten Fällen werden zwei Typen digitaler Bildsensoren verwendet: CCD-Sensoren (Charge Coupled Device) und CMOS-Sensoren (Complementary Metal Oxide Semiconductor).

CCD

CCD-Sensoren wurden ursprünglich für Videokameras entwickelt. Sie nehmen das Bild Pixel für Pixel und Reihe für Reihe auf. Die Spannungsinformationen jedes Elements in der Reihe werden weitergeleitet, bevor mit der nächsten Reihe darunter fortgefahren wird. So ist jeweils nur eine Reihe aktiv. CCD-Sensoren wandeln die Spannungsinformationen nicht selbst in digitale Daten um. Die Kamera ist mit weiteren Schaltkreisen ausgestattet, die die Spannungsinformationen vor der Übertragung der Daten an das Speichergerät digitalisieren.

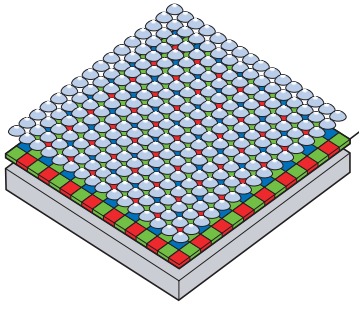


Bayer-RGB-Matrix auf CCD-Sensor

Die Spannungswerte werden Reihe für Reihe gesammelt. Jedes Element zeichnet nur eine Farbe auf.

CMOS

CMOS-Sensoren können das gesamte Bild, das die lichtempfindlichen Elemente erfassen, auf einmal aufzeichnen. Dadurch werden höhere Datenübertragungsraten an das Speichergerät erzielt. Jedes einzelne Element verfügt über zusätzliche Schaltkreise, um die Spannungsinformationen in digitale Daten umzuwandeln. An jedem Element ist eine sehr kleine, farbige Mikrolinse angebracht, damit die Farbe des Lichts besser erkannt werden kann. In den letzten Jahren konnten Empfindlichkeit und Geschwindigkeit von CMOS-Sensoren verbessert werden. Inzwischen werden diese digitalen Bildsensoren in professionellen DSLR-Kameras am häufigsten eingesetzt.



Bayer-RGB-Matrix auf CMOS-Sensor

Die Spannungswerte werden für jedes Element gleichzeitig erzeugt.

Megapixel

Die Auflösung einer Kamera wird in Megapixeln gemessen. Diese Maßeinheit basiert auf der Anzahl der Millionen von Pixeln an Bildinformationen, die von den lichtempfindlichen Elementen auf dem digitalen Bildsensor erfasst werden können. Eine Kamera mit 15 Megapixeln ist also in der Lage, 15 Millionen Pixel an Informationen aufzunehmen.

ISO

Ursprünglich galt diese Bewertung (die von der ISO (International Standards Organization) festgelegt wurde) für Fotofilme. Je höher die ISO-Angabe, desto lichtempfindlicher ist ein Film. Filme mit höheren ISO-Bewertungen benötigen weniger Licht, um ein Bild aufzunehmen. Die ISO-Bewertung wurde für Digitalkameras neu definiert und gibt jetzt die Lichtempfindlichkeit des Bildsensors an. Die meisten DSLR-Kameras bieten ISO-Einstellungen zwischen 100 und 3200 ISO.

Leider können manche Kameras bei höheren ISO-Einstellungen (400 ISO und mehr) keine gleichbleibende Belichtung für jedes einzelne Pixel im Bild erzielen. Damit in einem solchen Fall die Empfindlichkeit des digitalen Bildsensors erhöht wird, verstärkt die Kamera die Spannung, die sie von jedem Element des Bildsensors erhält, bevor sie das Signal in einen digitalen Wert umwandelt. Bei der Verstärkung der Spannungssignale jedes Elements werden auch Fehler in undurchsichtigen dunklen Farben verstärkt. Dies führt dazu, dass vereinzelte Pixel falsche helle Farbwerte aufweisen, was auch als *digitales Rauschen* bezeichnet wird. Weitere Informationen zu digitalem Rauschen finden Sie im Abschnitt „Verringern von digitalem Rauschen“ auf Seite 27.

Speicherkarte

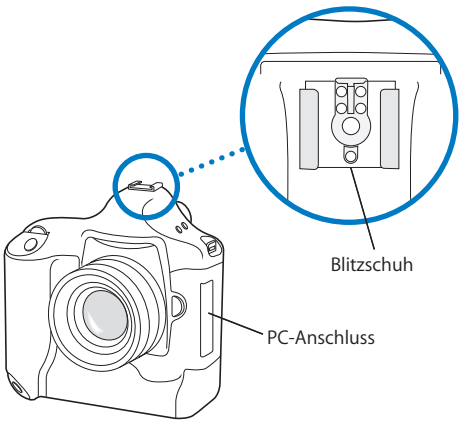
Nachdem der digitale Bildsensor das Bild aufgenommen hat, optimiert die Kamera das Bild mithilfe einer Reihe von Prozessen. Viele dieser Prozesse basieren auf den Kameraeinstellungen, die der Fotograf vor Aufnahme des Bilds festgelegt hat, etwa der ISO-Einstellung. Nach der Bildverarbeitung speichert die Kamera die digitalen Informationen in einer Datei. Der Typ der erstellten digitalen Datei hängt dabei vom Hersteller der Kamera ab. Bevor die RAW-Datei der Kamera in einen standardisierten Dateityp umgewandelt wird (z. B. JPEG oder TIFF), enthält sie noch die digitalen Bilddaten. Nicht alle RAW-Dateien sind gleich, die vom digitalen Bildsensor und Prozessor Ihrer Kamera erzeugten Bilddateien werden in dieser Datei jedoch Bit für Bit beibehalten. Weitere Informationen zu diesen Dateitypen finden Sie im Abschnitt „Informationen zu RAW, JPEG und TIFF“ auf Seite 22.

Sobald die Datei soweit verarbeitet ist, dass sie gespeichert werden kann, überträgt die Kamera die Datei vom Prozessor an die Speicherkarte. Es gibt verschiedene Typen von Speicherkarten, an alle werden die Informationen jedoch auf die gleiche Weise übertragen.

Externer Blitz

In bestimmten fotografischen Situationen ist das zusätzliche Licht eines externen Blitzgeräts erforderlich. Zahlreiche DSLR-Kameras für anspruchsvolle Hobbyfotografen sind mit integrierten oder aufzusetzenden Blitzen ausgestattet. Ihre Nähe zum Objektiv und fehlende Einstellmöglichkeiten für die Blitzbelichtung machen sie jedoch für den professionellen Einsatz ungeeignet.

Externe Blitze bieten Profis dagegen die Möglichkeit, die Blitzbelichtung genau einzustellen. Auf diese Weise können präzise Aufhellblitze verwendet werden (ein schwacher Blitz, der bei Aufnahmen mit einem hellen Hintergrund das Objekt so aufhellt, dass es nicht als Silhouette zu sehen ist) und überbelichtete Bilder in räumlich beengten Aufnahmesituationen werden vermieden.



Externe oder nicht in die Kamera integrierte Blitze werden über den Blitzschuh oder den PC-Anschluss mit dem Verschlussmechanismus synchronisiert.

Informationen zu RAW, JPEG und TIFF

Es ist wichtig, die Unterschiede zwischen Bilddateitypen zu kennen. Nachfolgend werden die RAW-, JPEG- und TIFF-Dateitypen beschrieben.

RAW

Die RAW-Datei einer Kamera ist ein nicht ausgewertetes Bit-für-Bit-Bild, das bei Aufnahme des Fotos von der Kamera aufgezeichnet wird. Neben den Pixeln im Bild enthält die RAW-Datei auch Daten über die Bedingungen, unter denen das Bild aufgenommen wurde, z. B. Tageszeit, Belichtungseinstellungen sowie Kamera- und Objektivtyp. Diese Informationen werden auch als *Metadaten* bezeichnet. „RAW" bezeichnet den Zustand der Bilddatei vor der Konvertierung in ein gängiges Format wie JPEG oder TIFF. Da die meisten Fotoprogramme früher keine RAW-Dateien verarbeiten konnten, mussten diese Dateien zuerst konvertiert werden, bevor sie sich in einer Bildverarbeitungssoftware verwenden ließen.

Gründe für die Aufnahme von RAW-Dateien

Für die Aufnahme von Bildern im RAW-Format anstelle des JPEG-Formats gibt es zahlreiche Gründe. Sie sollten jedoch berücksichtigen, dass bei RAW-Dateien zusätzliche Arbeit erforderlich ist, um die erwünschte Farbbalance zu erzielen. Bei JPEG-Dateien sorgt dagegen die Kamera für die Farbbalance. JPEG-Dateien sind auch kleiner als RAW-Bilddateien und benötigen so weniger Speicherplatz.

Die Vorteile der Aufnahme von RAW-Dateien sind Folgende:

- Durch eine erhöhte Farbtiefe erhalten Sie mehr Spielraum für die Farbkorrektur. Das JPEG-Format ist auf 8 Bit pro Farbkanal beschränkt. RAW-Bilder speichern 16 Bit pro Kanal, mit 12 bis 14 Bit an Farbinformationen pro Kanal. Dies klingt zwar u. U. etwas verwirrend, heißt aber einfach, dass Sie bedeutend mehr Farbkorrekturen ausführen können, ohne die Bildqualität zu beeinträchtigen oder Farbrauschen zu verursachen. (Weitere Informationen zur Farbtiefe finden Sie im Abschnitt „Hinweise zur Farbtiefe“ auf Seite 42.)
- Nach der Decodierung der RAW-Datei arbeiten Sie mit den genauesten und grundlegenden Daten eines Bilds.
- Sie steuern den Weißabgleich, die Farbinterpolation und die Gamma-Korrektur des Bilds während der Nachbearbeitung und nicht schon bei der Aufnahme.
- Das Bild wird nicht komprimiert, wie dies bei JPEG-Bildern der Fall ist. Es gehen also keine Bilddaten verloren.
- Die meisten Kameras können Farben außerhalb des Farbraums von JPEG aufnehmen (Adobe RGB 1998 und sRGB). Dies bedeutet, dass Sie bei der Aufnahme von JPEG-Dateien Farbeinschränkungen in Kauf nehmen müssen. RAW-Dateien behalten den ursprünglichen Farbraum der Kamera bei. So lassen sich in Aperture Bildanpassungen vornehmen, bei denen der gesamte Farbbereich genutzt wird.
- Bei RAW-Dateien können Sie nach der Aufnahme das Bildrauschen (Helligkeit und Farbauszug) verringern und die Bildschärfe bearbeiten. Bei JPEG-Bildern werden Rauschverringerung und Schärfe entsprechend der Kameraeinstellungen dauerhaft auf das Bild angewendet.

JPEG

JPEG (Joint Photographic Experts Group) ist ein gängiges Bilddateiformat, mit dem Sie stark komprimierte Bilddateien erstellen können. Der Grad der Komprimierung kann dabei variiert werden. Weniger Komprimierung führt zu einem hochwertigeren Bild. Bei der Aufnahme von JPEG-Bildern wandelt Ihre Kamera die RAW-Bilddatei in eine 8-Bit-JPEG-Datei um (mit 8 Bit pro Farbkanal), bevor sie die Datei auf der Speicherkarte sichert. Dafür muss die Kamera das Bild komprimieren, wobei Bilddaten verloren gehen. JPEG-Bilder werden im Allgemeinen für die Online-Anzeige verwendet.

TIFF

TIFF (Tag Image File Format) ist ein weit verbreitetes Format für Bitmap-Grafikdateien, das 8 oder 16 Bit pro Farbkanal speichern kann. Wie JPEG-Dateien werden auch TIFF-Dateien aus RAW-Dateien konvertiert. Besitzt Ihre Kamera keine Funktion zur Aufnahme von TIFF-Dateien, können Sie RAW-Dateien aufnehmen und diese anschließend mithilfe entsprechender Software in TIFF-Dateien umwandeln. TIFF-Dateien bieten eine größere Farbtiefe als JPEG-Dateien, sodass sie mehr Farbinformationen speichern können. Zudem können TIFF-Dateien verlustfrei komprimiert werden. Die Datei wird dabei zwar etwas kleiner, es gehen jedoch keine Informationen verloren. Dies führt im Endergebnis zu einer besseren Bildqualität. Aus diesen Gründen werden zum Drucken häufig TIFF-Dateien verwendet.

Aufnahmetipps

In diesem Abschnitt finden Sie einige Tipps zum Vermeiden häufiger Probleme beim Fotografieren.

Ruhig Halten der Kamera

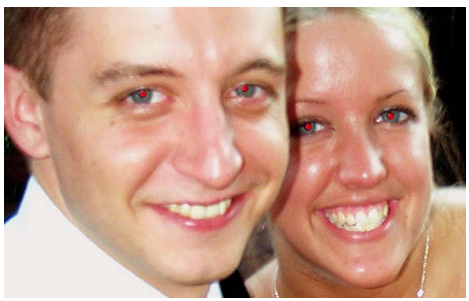
Durch Bewegungen des Fotografen, das praktisch unmögliche Unterfangen, die Kamera längere Zeit vollständig ruhig in der Hand zu halten, sowie eine langsame Verschlussgeschwindigkeit und hohe Brennweite kommt es zu verwackelten Aufnahmen. Die Fotos sehen verschwommen und unscharf aus. Die Brennweite des Objektivs führt zusammen mit einer langsamen Verschlussgeschwindigkeit dazu, dass die Verschlussgeschwindigkeit in manchen Situationen nicht ausreicht, das Bild aufzunehmen, bevor die Kamera deutlich bewegt wird.

Sie können ein Verwackeln Ihrer Aufnahmen verhindern, indem Sie ein Stativ verwenden oder die Verschlussgeschwindigkeit auf einer Wert über der Brennweite erhöhen. Wenn Sie beispielsweise mit einer Brennweite von 100 mm aufnehmen, sollten Sie Ihre Verschlussgeschwindigkeit auf einen Wert von 1/100 einer Sekunde oder höher einstellen. Der digitale Bildsensor kann das Bild dann aufzeichnen, bevor weitere Lichtinformationen durch das Objektiv an den Bildsensor geleitet werden.

Hinweis: Einige Objektive verfügen über Funktionen zur Bildstabilisierung, mit deren Hilfe ein Fotograf Bilder mit einer Verschlussgeschwindigkeit aufnehmen kann, die unter der Brennweite des Objektivs liegt.

Minimieren des Rote-Augen-Effekts in Ihren Fotos

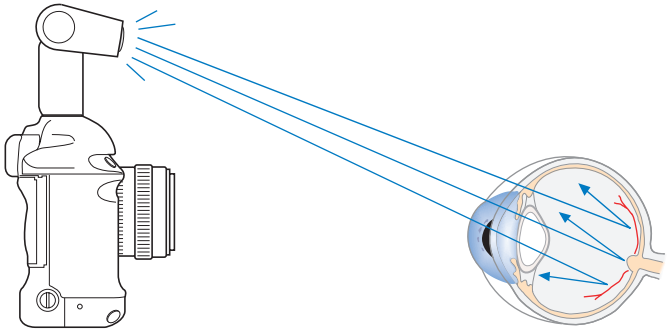
Der Rote-Augen-Effekt ist ein sehr störendes Phänomen in Fotografien. Er wird durch die Nähe des Blitzes (besonders bei integrierten Blitzen) zum Kameraobjektiv verursacht, da das auf das Motiv treffende Blitzlicht direkt zurück zur Kamera reflektiert wird. Wenn der Blitz auslöst, wird das Licht vom Blut in den Kapillargefäßen an der Rückseite der Augen der fotografierten Personen reflektiert und fällt wieder zurück durch das Kameraobjektiv. Bei Menschen mit blauen Augen tritt der Rote-Augen-Effekt besonders häufig auf, da sie weniger Pigmente besitzen, um das Licht zu absorbieren.



Es gibt verschiedene Möglichkeiten, rote Augen in Ihren Fotos ganz oder teilweise zu verhindern. Einige Kameras bieten eine Funktion zur Verringerung roter Augen an. Dabei wird vor dem eigentlichen Blitz ein Vorblitz ausgelöst, durch den sich die Iris in den Augen der aufgenommenen Personen schließt, bevor Sie das Foto machen. Das Hauptproblem hierbei ist, dass die fotografierten Personen häufig ungewollt ihre Augen schließen, bevor das Bild aufgenommen wird. Außerdem wird der Rote-Augen-Effekt nicht immer vollständig vermieden.

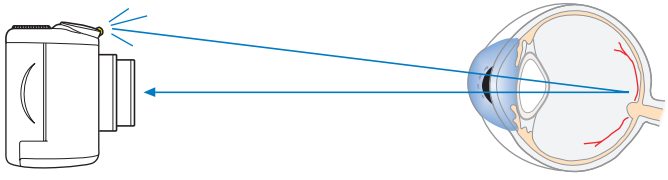
Effektiver ist es, einen externen Blitz zu verwenden, der über den Blitzschuh der Kamera oder, noch besser, über einen Blitzarm an der Kamera befestigt wird. Durch einen externen Blitz wird der Blitzwinkel stark verändert, sodass das Objektiv das Licht, das von den Augen der Personen reflektiert wird, nicht erfasst.

Sie können rote Augen in Aperture zwar auch retuschieren, es gibt jedoch keine Möglichkeit, die natürliche Augenfarbe der Personen auf Ihren Fotos genau zu reproduzieren. Daher empfiehlt es sich, das Problem bereits vor seiner Entstehung zu verhindern.



Externe Blitzeinheit

Das Licht tritt in unterschiedlichen Winkeln in das Auge ein und wird beim Verlassen des Auges gestreut.

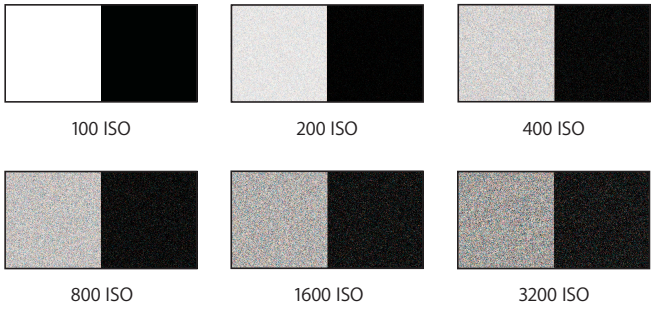


Eingebauter Blitz

Das Licht tritt in das Auge ein und wird direkt zur Kamera zurückgeworfen, wodurch der Rote-Augen-Effekt verursacht wird.

Verringern von digitalem Rauschen

Digitales Rauschen ist der körnige Effekt, der in Bildern auftritt, die mit langen Belichtungszeiten oder hohen ISO-Einstellungen bei schlechten Lichtverhältnissen aufgenommen wurden. Am deutlichsten wird der Effekt bei Bildern, die bei schlechten Lichtverhältnissen gemacht wurden. Der Begriff „Digitales Rauschen“ wird häufig auch als Synonym für „Filmkörnung“ verwendet. Auch wenn die Ursachen die gleichen sind, sind die Effekte doch sehr unterschiedlich. Manche mit analogen Kameras arbeitende Fotografen nehmen bewusst Bilder mit einer stärkeren Körnung auf, um einen künstlerischen Effekt zu erzielen. Digitales Rauschen beeinträchtigt die Bildqualität jedoch, da dabei in deckenden Farben vereinzelt helle Pixel zu sehen sind. Außerdem fehlen die ästhetischen Aspekte einer bewussten Verwendung der Filmkörnung.



Sie können das digitale Rauschen verringern, indem Sie Ihre Fotos mit ISO-Einstellungen zwischen 100 und 400 aufnehmen. Bei einer ISO-Einstellung von 400 erhalten Sie eine stärkere Belichtung, doch schon dabei ist etwas digitales Rauschen zu bemerken. Wenn sich Ihr Motiv nicht bewegt und Sie keinen Blitz verwenden können, haben Sie mit einem Stativ die Möglichkeit, auch bei niedrigen ISO-Einstellungen erfolgreich zu fotografieren.

Zahlreiche DSLR-Modelle sind mit einer Funktion zur Verringerung des digitalen Rauschens ausgestattet. Wenn Sie die Funktion zur Rauschverringerung aktivieren, wird sie bei Aufnahmen mit langen Belichtungszeiten automatisch eingesetzt. Die Kamera korrigiert die Farben auf Pixelebene, und das Bild wird während der Aufnahme verarbeitet. Der wichtigste negative Aspekt bei der Verringerung von digitalem Rauschen über die Kamera ist die bedeutende Verzögerung, die erforderlich ist, um das Bild nach der Aufnahme zu verarbeiten. Eine Möglichkeit, diese Verzögerung bis zur nächsten Aufnahme zu umgehen, besteht darin, die Funktion zur Rauschverringerung deaktiviert zu lassen und stattdessen nach dem Importieren Ihrer Bilder die Anpassungswerkzeuge „Störungen reduzieren“ von Aperture zu verwenden.

Die Darstellung digitaler Bilder

2

Damit ein Bild so dargestellt wird, wie ursprünglich geplant, sind Grundkenntnisse über das Aufzeichnen, Speichern und Darstellen von Licht auf dem Bildschirm und bei Druckvorgängen oft sehr hilfreich.

Es ist nicht erforderlich, die physikalischen Gesetzmäßigkeiten von Licht und Farben zu verstehen, um festzustellen, ob die Farbgebung eines Bilds realistisch ist. Woher wissen Sie, dass ein Sonnenuntergang orange, der Himmel blau und das Gras grün ist? Und wie orange ist der Sonnenuntergang eigentlich genau? Um was für eine Art Orange handelt es sich? Einen Farbeindruck mit Worten zu umschreiben ist recht einfach, aber wie wählen Sie einen Weißabgleich aus, der die Farbe Orange möglichst exakt wiedergibt? In diesem Kapitel erfahren Sie, wie Sie die mit Ihrer Kamera eingefangenen Farben naturgetreu auf dem Bildschirm oder in Ihren Ausdrucken reproduzieren können.

Dieses Kapitel umfasst die folgenden Themen:

- Die subjektive Farbwahrnehmung des menschlichen Auges (S. 29)
- Licht- und Farbwahrnehmung durch das Auge (S. 31)
- Lichtquellen (S. 32)
- Darstellen digitaler Bilder (S. 35)

Die subjektive Farbwahrnehmung des menschlichen Auges

Ein gutes Foto zeichnet sich durch das Zusammenspiel der Elemente Aufbau, Farbe und Helligkeit aus. Ihre Aufgabe als Fotograf besteht darin, die Farben, die sich Ihrem Auge bieten, so zielgerichtet wie möglich einzufangen. Dabei ist es egal, ob Sie die Farben möglichst naturgetreu wiedergeben oder stattdessen beispielsweise die Farbtemperatur anpassen möchten. In jedem Fall ist es Ihre Aufgabe, bewusst zu entscheiden und Ihr Bild bewusst zu gestalten.

Leider eignen sich das menschliche Auge und Gehirn nicht für eine verlässliche objektive Farbwahrnehmung. Ohne einen direkten Vergleich zwischen Ihrem Bild auf dem Bildschirm, dem Fotoabzug und der Originalszene ist es unter Umständen äußerst schwierig festzustellen, inwiefern sich die Farben von einem Medium zu anderen unterscheiden. Selbst mithilfe des direkten Vergleichs ist es beinahe unmöglich, nur mit den Augen die Unterschiede objektiv zu erfassen.

Die Subjektivität unserer visuellen Wahrnehmung als Handicap aufzufassen, wäre jedoch verfehlt. Eher ist sie ein Segen. Viele Herausforderungen im Bereich Fotografie ergeben sich gerade aus der Tatsache, dass die Technologie so unnachgiebig objektiv ist. Ein Paradebeispiel hierfür ist der Weißabgleich. Sowohl Filmmaterial als auch Sensoren für Digitalbilder sind so konzipiert, dass sie die Farbe Weiß unter bestimmten Bedingungen interpretieren. Licht im Freien (Tageslicht) enthält einen deutlich höheren Blauanteil als künstliches Licht (Glühbirnen) oder Kerzenlicht in geschlossenen Räumen. Weiße Objekte erscheinen unter diesen unterschiedlichen Lichtbedingungen objektiv blauer (Tageslicht), roter (Glühbirnen) oder grüner (Leuchtstofflampen). Das menschliche Gehirn umgeht diese Unterschiede jedoch mit einige psychologischen Kniffen und interpretiert die weißen Objekte jeweils als weiß.

Ein weißes Auto sieht während eines Sonnenuntergangs objektiv orange aus. Würden Sie aber gefragt, welche Farbe das Auto hat, wäre Ihre Antwort in aller Selbstverständlichkeit, dass das Auto weiß ist. Der Grund liegt darin, dass Sie wissen, dass es sich um ein weißes Auto handelt, auch wenn es in dem Moment nicht weiß aussieht. Morgens zeigt das Auto eine bläuliche Farbtönung, und dennoch würden Sie schlicht sagen, dass es weiß ist. Andererseits zeichnen Digitalbildsensoren und Filme das objektiv einfallende Licht so auf, wie es ist, d. h. ohne es zu interpretieren. Die automatische Weißabgleichfunktion an vielen Digitalkameras misst die Szene im Bildsucher und veranlasst die Kamera, den hellsten Punkt als weiß zu interpretieren. Dies ist wichtig zu wissen, wenn man zwischen verschiedenen Lichtszenarien wechselt.

Licht und Farben lassen sich objektiv messen und beschreiben. Die wissenschaftliche Licht- und Farbanalyse ist notwendig, um verlässliche, konsistente Ausstattungen für die Fotografie zu entwickeln, wie z. B. Filmmaterial, Digitalbildsensoren, Bildschirme und Drucker. Dabei ist es nicht notwendigerweise das Ziel, dass alle diese Geräte Farben letztendlich in gleicher Weise aufzeichnen oder darstellen (obwohl dies eine wirkliche Erleichterung wäre). Vielmehr geht es darum, eine Terminologie und Prozesse zu entwickeln, mit denen die Unterschiede zwischen den Geräten objektiv gemessen und deren Ausgabe entsprechend angepasst werden kann, damit die Ergebnisse der visuellen Wahrnehmung entsprechen.

Licht- und Farbwahrnehmung durch das Auge

Digitalbildsensoren und das menschliche Auge nehmen Farben in ähnlicher Weise wahr. Zu den bemerkenswerten Eigenschaften des menschlichen Sehvermögens gehört der unglaubliche Umfang des wahrnehmbaren Bereichs. Ein gesundes Auge kann sowohl bei hellem Sonnenlicht als auch bei fast vollständiger Dunkelheit sehen. Wenn Sie längere Zeit mit einer Kamera gearbeitet haben, verstehen Sie, wie erstaunlich groß dieser wahrnehmbare Bereich ist. Filmmaterial, das für Außenaufnahmen gut geeignet ist, kann in geschlossenen Räumen praktisch nutzlos sein, und umgekehrt. Der Bereich des menschlichen Sehvermögens ergibt sich aus drei verschiedenen Teilen des Auges:

- *Pupille oder Iris:* Die Pupille (auch *Iris* genannt) zieht sich zusammen oder weitet sich abhängig von der ins Auge einfallenden Lichtmenge.
- *Stäbchenzellen in der Retina (Netzhaut):* Einer der beiden (unterschiedlichen) Typen von Sehzellen. Stäbchenzellen nehmen Helligkeitsstufen wahr (nicht Farben) und arbeiten am besten bei geringem Licht.
- *Zapfenzellen in der Retina:* Einer der beiden (unterschiedlichen) Typen von Sehzellen. Zapfenzellen nehmen Farben bei hellem Licht wahr.

Ebenso wie Digitalbildsensoren lichtempfindliche Elemente enthalten, die rotes, grünes und blaues Licht unterscheiden, weist das Auge drei Arten von Zapfenzellen auf, die jeweils für einen anderen Ausschnitt aus dem sichtbaren elektromagnetischen Spektrum empfänglich sind:

- *R-Zapfen:* Nehmen Farben mit roten Farbtönen bei einer Wellenlänge im sichtbaren Spektrum zwischen etwa 600 – 700 nm (Nanometer) wahr.
- *G-Zapfen:* Nehmen Farben mit grünen Farbtönen bei einer Wellenlänge im sichtbaren Spektrum zwischen etwa 500 – 600 nm wahr.
- *B-Zapfen:* Nehmen Farben mit blauen Farbtönen bei einer Wellenlänge im sichtbaren Spektrum zwischen etwa 400 – 500 nm wahr.

Das menschliche Auge hat etwa doppelt so viele grüne Zapfenzellen wie rote und blaue. Dieser Farbanordnung entspricht die Anordnung der Farbelemente auf einem Digitalbildsensor. (Weitere Informationen darüber, wie Digitalbildsensoren Bilder aufzeichnen, finden Sie im Abschnitt „Digitaler Bildsensor“ auf Seite 19.)

Welche Farben das Auge in einer Szene wahrnimmt, hängt davon ab, welche Zellen angeregt werden. Blaues Licht regt beispielsweise die blauempfindlichen Zapfen an. Das Gehirn interpretiert dies als blau. Kombinationen aus den Farbreizen mehrerer Zapfen werden vom Gehirn sofort interpretiert und zu Sekundärfarben zusammengestellt. Beispielsweise stimulieren rotes und blaues Licht entsprechend die roten und blauen Zapfen. Diese Kombination wird vom Gehirn als magenta interpretiert (rot + blau). Wenn alle drei Zapfentypen mit der gleichen Lichtmenge angeregt werden, nimmt das Auge die Farbe Weiß oder eine neutrale Graustufe wahr.

Zapfen sind im Auge weiter verbreitet als Stäbchen. Außerdem sind sie weniger lichtempfindlich, sodass sie erst aktiv sind, wenn die Helligkeit einer Szene oder eines Objekts einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. Aus diesem Grund wirken Szenen mit geringem Licht oft monochromatisch (wie schwarzweiß), während hellere Szenen über die Zapfen und somit in Farbe wahrgenommen werden.

Lichtquellen

Vor der Erfindung des elektrischen Lichts ging elektromagnetische Energie nur von einigen wenigen Quellen aus. Auch heute noch ist die Sonne die primäre Lichtquelle. Feuer und Kerzenlicht haben über Tausende von Jahren abends Licht gespendet, wenn auch wesentlich schwächeres Licht als die modernen elektrischen Leuchtmittel. Zu den neueren Lichtquellen gehören Glühbirnen, Leuchtstoffröhren, Kathodenstrahlröhren bzw. CRTs (Cathode-Ray Tubes), Flüssigkristalldisplays bzw. LCDs (Liquid Crystal Displays), Leuchtdioden bzw. LEDs (Light-Emitting Diodes) und einige phosphoreszierende Materialien. Diese Lichtquellen haben einen direkten Einfluss auf die Bilder, die Sie als Fotograf erstellen.

Die Farbtemperatur des Lichts

Farbtemperatur ist ein Begriff zur Beschreibung der Farbe von Licht. Jede Lichtquelle hat eine Farbtemperatur. Dabei bezieht sich dieser Begriff jedoch auf den Farbwert des Lichts und nicht auf seinen Wärmewert. Die Farbtemperatur des Lichts wird in der Einheit *Kelvin* (K) gemessen. Diese Temperaturskala ermittelt die relative Intensität des roten bis blauen Lichts. Wärmeres Licht, d. h. Licht, das einem Bild eine orangerote Tönung verleiht, hat eine niedrigere Temperatur. Neutrales bzw. ausgewogenes Licht nimmt die mittleren Bereiche ein und wirkt sich aufgrund seiner Weißeigenschaften nicht auf die Farbwerte des Bilds aus. Kühleres Licht, d. h. Licht, das einen blauen Farbeindruck hinterlässt, hat eine höhere Temperatur.

Lichtquelle	Farbtemperatur (Näherungswert)
Kerze	1930 K
Sonnenlicht bei Dämmerung	2000 K
Glühlampe	2400 K
Typische Leuchtstoffröhre	3000 K
Fotoleuchte	3200 K
Foto-Flutleuchte	3400 K
Klares Blitzlicht	3800 K
Sonnenlicht zur Mittagszeit	5400 – 5500 K
Blaues Blitzlicht	6000 K
Elektronisches Blitzlicht	6000 K

Lichtquelle	Farbtemperatur (Näherungswert)
Durchschnittliches Tageslicht	6500 K
Blauer Himmel	12000 – 18000 K

Mit der Erfindung des Farbfilms ergab sich eine Vielzahl neuer Punkte, die zu beachten waren. Zusätzlich zur korrekten Belichtung mussten Fotografen die unterschiedlichen Farbtönungen berücksichtigen, die verschiedene Lichtquellen auf der Filmemulsion hervorriefen. Filmhersteller haben zur Verbesserung der Situation beigetragen, indem sie Filmemulsionen entwickelten, die speziell auf die Farbtemperaturbereiche von Tageslicht und Glühlampenlicht abgestimmt sind. Auch Hersteller von Kameras haben sich der Herausforderung gestellt und Farbfilter entwickelt, die als Vorsatz vor dem Kameraobjektiv Aufnahmen außerhalb des Temperaturbereichs des Films unterstützen. Jedoch konnte das Problem mit diesen Lösungen nicht vollständig behoben werden. Denn Bilder, die unter unerwartet ungünstigen Lichtbedingungen aufgenommen werden, lassen sich nach wie vor nicht während der Entwicklung des Fotoabzugs korrigieren.

Der Einfluss des Weißabgleichs auf die Farbtemperatur

Wenn Sie mit einer Digitalkamera ein Foto aufnehmen, wird die Farbtemperatur der Szene erst berücksichtigt, wenn das Bild vom Prozessor der Kamera verarbeitet wird. Bei der Verarbeitung des Bilds greift die Kamera auf Ihre Einstellungen für den Weißabgleich zurück. Ist der Weißabgleich der Kamera auf Automatik eingestellt, interpretiert die Kamera den hellsten Wert als weiß und passt alle anderen Farben im Bild entsprechend an. Wenn der hellste Wert *tatsächlich* weiß ist, werden die Farben im Bild korrekt gerendert. Ist die hellste Farbe jedoch ein Gelbton, interpretiert die Kamera diesen Wert jedoch als weiß und verändert unerwünschterweise alle Farben entsprechend.

Sie können jedoch die Farbtemperatur eines Digitalbilds anpassen. Der Weißabgleich ist ein mathematischer Prozess, der die Farbtemperatur eines Bilds ermittelt und die Effekte nach Speicherung des RAW-Bilds auf die Farbwerte im Bild anwendet. Diese Farbtemperaturinformationen werden als Metadaten im Bild gespeichert. Die digitalen Informationen, aus denen die ursprüngliche RAW-Datei besteht, bleiben unverändert. Somit ist es nicht von Bedeutung, welche Einstellung für den Weißabgleich oder die Farbtemperatur während einer Bildaufnahme angewendet wurde. *Die Farbtemperatur des Bilds kann immer im Nachhinein korrigiert werden.* Die RAW-Dateien von Digitalkameras haben das Problem der unterschiedlichen Farbtemperaturen gelöst, was aufgrund der chemischen Eigenschaften von Filmen so nicht möglich wäre.

Messen der Lichtintensität

Für die korrekte Belichtung einer Bildaufnahme müssen Sie den korrekten Wert der Lichtintensität kennen. Fotografen verwenden Belichtungsmesser, um die Intensität des Reflexionslichts in einer Szene zu ermitteln. In Digitalkameras sind Belichtungsmesser integriert, die hoch entwickelt sind und unglaublich exakt arbeiten. Diese Genauigkeit ist jedoch subjektiv. Die empfohlenen Blendenöffnungs- und Verschlusswerte ergeben sich aus der Art des Lichteinfalls in der Szene und durch die Einstellungen des Belichtungsmessers. Der Belichtungsmesser der Kamera empfiehlt unter Umständen eine Kombination aus Blendenöffnung und -verschluss, die eine moderate Belichtung bietet. Für Ihre Zwecke ist dies jedoch möglicherweise nicht die optimale Belichtung, denn die Kamera kann nicht wissen, was genau Sie zu fotografieren beabsichtigen. Belichtungsmesser sind nicht in der Lage, Farben oder Kontrast zu bewerten. Sie sind auf die Luminanz beschränkt, d. h. auf die Helligkeit des reflektierten Lichts in einer Szene.

Kameras mit hoch entwickelten Belichtungsmessern können so eingestellt werden, dass sie bestimmte Bereiche einer Szene messen oder prüfen. Bei den meisten digitalen Spiegelreflexkameras können Sie auswählen, welcher Bereich im Bildsucher gemessen werden soll. Unter anderem sind die nachfolgenden Messeinstellungen verfügbar:

- *Mehrfeld:* Bei der Mehrfeldmessung wird das Bild in mehrere kleine Segmente unterteilt, für die jeweils ein Messwert ermittelt wird. Aus den Einzelmesswerten wird dann ein Durchschnittswert errechnet, anhand dessen der optimale Belichtungswert für das Gesamtbild vorgeschlagen wird.
- *Spot:* Bei der Spotmessung wird ein kleiner Zielbereich gemessen, der sich in den meisten Fällen im Mittelpunkt des Bilds befindet. Die Spotmessung ist besonders nützlich, wenn Ihr zu fotografierendes Objekt einen relativ hellen oder dunklen Hintergrund hat. Mit dieser Art der Messung wird eine korrekte Belichtung des eigentlichen Objekts sichergestellt. Der Nachteil besteht in einer unter Umständen extremen Unter- oder Überbelichtung des Hintergrunds. Aus diesem Grund empfehlen sich Belichtungsreihen (Aufnahmen mit mehreren Belichtungen des gleichen Motivs), wenn Sie unter Bedingungen fotografieren, die den Einsatz der Spotmessung erfordern. Weitere Informationen über Belichtungsreihen finden Sie weiter unten in Abschnitt „Aufnehmen einer Belichtungsreihe für ein Bild“.
- *Mittenbetont:* Wenn der Belichtungsmesser der Kamera auf mittenbetonte Messung eingestellt ist, misst die Kamera das Licht im gesamten Bildsucher, wobei der zentrale Bereich des Bilds dennoch einen Schwerpunkt bildet. Diese Einstellung wird insbesondere von Porträtfotografen verwendet, da sich das Objekt üblicherweise im Mittelpunkt befindet und der Hintergrund nicht ignoriert werden soll. Wenn sich das Objekt vom Mittelpunkt des Bilds entfernt, interpretiert der Belichtungsmesser den Hintergrund als den relevanten Bereich, was zu einer Fehlbelichtung Ihres Objekts führt.

An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass der Belichtungsmesser für die Belichtung lediglich einen Vorschlag macht. Wenn Ihnen die Details in den helleren Bereichen der Szene wichtiger erscheinen, können Sie das Bild auch kürzer belichten als vom Belichtungsmesser vorgeschlagen. Ebenso können Sie, wenn Sie mehr Wert auf die Details in den Schattenbereichen legen, eine längere Belichtungszeit wählen. Es ist Ihnen als Fotograf überlassen, wie Sie den Belichtungsmesser verwenden, um Ihr Motiv optimal zu belichten.

Aufnehmen einer Belichtungsreihe für ein Bild

Selbst bei sorgfältiger Messung kann es zu unter- oder überbelichteten Bildern kommen. Aus diesem Grund erstellen professionelle Fotografen, wann immer möglich, Belichtungsreihen ihrer Bilder, um absolut sicher zu gehen, dass sie ein korrekt belichtetes Bild erhalten. Bei Belichtungsreihen werden anhand der vom Belichtungsmesser vorgeschlagenen Blendenöffnungs- und Verschlusswerte drei Aufnahmen des gleichen Motivs gemacht: eine leicht unterbelichtete Aufnahme, eine Aufnahme mit der empfohlenen Belichtung und eine leicht überbelichtete Aufnahme. Aufnahmeserien eines Motivs mit drei verschiedenen Belichtungszeiten sind die beste Möglichkeit sicherzustellen, dass Sie ein korrekt belichtetes Bild erhalten.

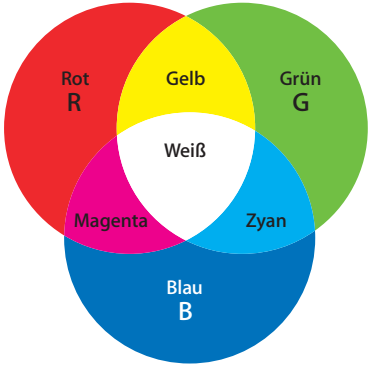
Hinweis: Die meisten Modelle digitaler Spiegelreflexkameras haben eine integrierte Automatikfunktion für Belichtungsreihen. Anweisungen, wie diese Funktion zu verwenden ist, finden Sie im zugehörigen Benutzerhandbuch.

Darstellen digitaler Bilder

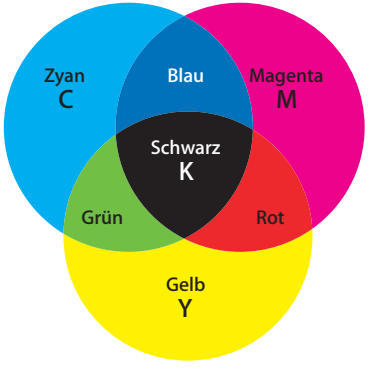
Fotografen stellen ihre Digitalbilder auf zweierlei Weise dar: auf dem Bildschirm oder als Ausdruck. Das Verfahren für die Anzeige eines Bilds auf dem Bildschirm und für die Wiedergabe in einem Ausdruck (z. B. als Wanddekoration) unterscheiden sich grundlegend. Computer, Fernsehgeräte sowie Video- und digitale Einzelbildkameras erstellen Farbbilder, indem sie die von einer Lichtquelle ausgehenden Grundfarben Rot, Grün und Blau (RGB) kombinieren. Dieses Verfahren basiert auf dem additiven Farbmodell. Gedruckte Bilder erfordern eine externe Lichtquelle, deren Licht sie reflektieren. In der Drucktechnik wird das subtraktive Farbmodell verwendet, das gewöhnlich mit vier Primärfarben arbeitet: Zyan, Magenta, Gelb und Schwarz.

Additive und subtraktive Farben im Vergleich

Bilder mit Farbelementen, die aus der Lichtquelle selbst stammen, weisen nach der Farbtheorie additive Farben auf, während Bilder, die Licht bestimmter Wellenlänge subtrahieren bzw. absorbieren und bestimmte Farben zum Betrachter reflektieren, sich aus subtraktiven Farben zusammensetzen. Aufgrund dieser Unterschiede wird sich ein Bild mit additiver Farbgebung (z. B. auf einem LCD-Bildschirm) im Aussehen immer von dem gleichen Bild unterscheiden, das in additiven Farben dargestellt ist (wie z. B. auf der Titelseite eines Magazins). Das liegt daran, dass Digitalgeräte wie LCD-Bildschirme rotes, grünes und blaues Licht anders kombinieren, um die gewünschte Farbe zu erzeugen. Durch die Kombination aller Farben bei jeweils größter Intensität entsteht Weiß, und ohne jegliche Farbe ergibt sich Schwarz. Andererseits werden in gedruckten Versionen, wie z. B. auf dem Titelblatt eines Magazins, die Farben Zyan (C), Magenta (M) und Gelb (Y) in unterschiedlicher Zusammensetzung kombiniert, um eine Farbe zu erzielen, die die Lichtfarbe korrekt widerspiegelt. Schwarze Tinte (K) wird dem Bild zuletzt hinzugefügt, um die Seite mit einem reinen Schwarz auszustatten. Durch die Zugabe von Tinte werden dunklere Farben erzielt, und das Fehlen der Tinte führt zu einer helleren Farbe. Dieser Farbprozess ist auch unter der Bezeichnung *CMYK* bekannt.



Additive Farbe



Subtraktive Farbe

Die Farbskala

Im Jahr 1931 hat eine Gruppe von Wissenschaftlern und Intellektuellen unter dem selbstgewählten Namen „Commission Internationale de l'Eclairage" (CIE) sich zum Ziel gesetzt, einen Standard für Farben zu definieren. Mit so viel Objektivität, wie es bei einem so subjektivem Thema möglich ist, entwickelten sie ein Koordinatensystem zur Kategorisierung der gesamten Welt der Farben. Nach diesem System lässt sich jeder mit dem Auge erkennbare Farbton über eine X- und eine Y-Koordinate beschreiben. Geht man noch einen Schritt weiter, können die RGB-Grundfarben jedes Farbwiedergabegeräts mithilfe der CIE-X- und Y-Werte beschrieben werden. Dies bildet die Grundlage für Farbmanagementsysteme wie z. B. ColorSync. Die Gesamtzahl an Farben, die vom zweidimensionalen Raster dieser X- und Y-Koordinaten beschrieben werden, wird häufig als *Farbskala* (Gamut) bezeichnet. Anders gesagt: Die Farbskala eines Systems umfasst alle möglichen Farben, die dieses System darstellen kann. Zusätzlich zur zweidimensionalen Farbbeschreibung bietet die Farbskala eine dritte Dimension: die Helligkeit. Unglücklicherweise entspricht die Farbskala von Bildschirmen nicht exakt den subtraktiven Farben bei Druckvorgängen. Beispielsweise können bestimmte Farben, die auf dem Bildschirm dargestellt werden, in Ausdrucken nicht exakt reproduziert werden, und umgekehrt.

Anzeigen von Bildern auf dem Bildschirm

Wie an früherer Stelle erwähnt, arbeiten Sie mit additivem Licht, wenn Sie Bilder an Ihrem Computer bearbeiten. Der Bildschirm wandelt elektrische Signale in Licht um, und die Pixel auf dem Bildschirm bauen unter Verwendung des RGB-Farbraummodells ein Bild auf. (Der Begriff *Farbraum* bezieht sich auf die Grenzen oder Parameter eines gegebenen sichtbaren Spektrums. Häufig verwendete Farbräume sind sRGB und Apple RGB.) Dieser Vorgang beginnt, wenn die Bilddatei auf der Festplatte des Computers verarbeitet und dann zur weiteren Verarbeitung an die Grafikkarte und zur vorübergehenden Speicherung an den Arbeitsspeicher gesendet wird. Die Grafikkarte verarbeitet das Bild und bereitet es für die Anzeige mit der Auflösung und dem Farbprofil vor, die bzw. das von dem mit dem Computer verbundenen Bildschirm bzw. den Bildschirmen unterstützt wird. (Ein Farbprofil ist eine Datenkompilation der Farbinformationen auf einem bestimmten Gerät, einschließlich Farbskala, Farbraum und Arbeitsmodi.) Die Verarbeitung des Bilds kann einige Zeit in Anspruch nehmen, abhängig von Größe und Farbtiefe der Bilddatei, von Größe und Anzahl der Bildschirme des Systems sowie von der Auflösung der Bildschirme. Entscheidend ist weiterhin, ob ein Bild eingescannt oder direkt von einer Kamera geladen wurde oder ob das Bild digital in einem RGB-Farbraum aufgenommen wurde.

Das RGB-System beruht auf der Kombination roter, grüner und blauer Farben, die von einer Lichtquelle ausgesendet werden, um daraus eine Vielzahl weiterer Farben zu erzeugen. Auf Farbbildschirmen besteht ein Pixel aus einer Kombination von drei Farbelementen (einem roten, einem grünen und einem blauen Element). Wenn Rot, Grün und Blau bei jeweils größter Intensität kombiniert werden, entsteht die Farbe Weiß. Wenn keines der drei Farbelemente Licht aussendet, ergibt sich die Farbe Schwarz.

Die Bedeutung der Farbkalibrierung auf Ihrem Bildschirm

Die Farbkalibrierung Ihres Bildschirms bzw. Ihrer Bildschirme ist von großer Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Farbe auf Ihrem Bildschirm der Farbe entspricht, die Sie beim Drucken oder im Internet erzielen möchten. Ihr digitaler Workflow hängt von einer erfolgreichen Kalibrierung ab. Dies gilt für den gesamten Ablauf von der Aufnahme über die Anzeige bis zum Druckvorgang. Die Anpassungen, die Sie an Ihren Digitalbildern vornehmen, werden beim Druck nicht farbgetreu wiedergegeben, wenn Ihr Bildschirm nicht korrekt kalibriert wurde. Zudem werden Ihre Bilder unterschiedlich aussehen, wenn sie auf anderen Bildschirmen angezeigt werden. Die Kalibrierung Ihres Bildschirms erlaubt es ColorSync, Ihr Bild zum Zweck einer konsistenten Darstellung entsprechend anzupassen. Zum Kalibrieren muss ein optisches Gerät an Ihrem Bildschirm angebracht werden, das Luminanz und Farbtemperatur misst. Werkzeuge zur Farbkalibrierung werden von verschiedenen Herstellern angeboten. Diese Werkzeuge können recht teuer sein und sich in ihrer Qualität deutlich unterscheiden. Es empfiehlt sich daher, sich vor dem Kauf umfassend über die verfügbaren Angebote zu informieren. Eine Liste verfügbarer Farbkalibrierungswerkzeuge und -geräte finden Sie im Macintosh Produktkatalog unter: http://guide.apple.com/de.

Apple Cinema Displays – geeignet für das Bildschirm-Proofing

Apple Cinema Displays stellen Farben so gut dar, dass Sie sie in einem SWOP-zertifizierten Workflow für das Bildschirm-Proofing (Soft-Proofing) verwenden können. Die bildschirmbasierten Proofing-Systeme „Remote Director 2.0“ von Integrated Color Solutions, Inc. und „Matchprint Virtual Proofing System-LCD“ von Kodak Polychrome Graphics verfügen beide über die SWOP-Zertifizierung (Specifications for Web Offset Publications). Diese angesehene Zertifizierung bedeutet, dass Sie mit Remote Director 2.0 Aufträge für Druckproduktionen am Bildschirm prüfen können, ganz ohne Papierausdrucke. Auf diese Weise können Profis im Druckbereich viel Zeit und Geld sparen.

Mit zertifizierten Systemen lassen sich Proofs erstellen, die visuell mit dem SWOP-zertifizierten Druckproof übereinstimmen – wie im ANSI-Standard CGATS TR 001, Graphic Technology, definiert. Integrated Color Solutions, Inc. und Kodak Polychrome Graphics haben sich für Apple Flachbildschirme entschieden, weil sie die Luminanz und die Farbskala bieten, die zur Erstellung eines Bildschirm-Proofs erforderlich ist, deren Helligkeits- und sonstigen visuellen Eigenschaften der Papierversion entsprechen.

Hinweis: Ihre Apple Cinema Displays müssen farbkalibriert sein, damit Sie beim Bildschirm-Proofing Ihrer Bilder exakte Ergebnisse erzielen.

Darstellung von Bildern im Druck

Für die Darstellung von Druckbildern muss der RGB-Farbraum in CMYK umgewandelt werden. Das liegt daran, dass gedruckte Bilder Licht externer Lichtquellen reflektieren müssen, um betrachtet werden zu können. Bilder werden normalerweise auf weißem Papier gedruckt, sodass keine weiße Farbe erforderlich ist. Dunklere Farben werden durch verstärktes Hinzufügen von Farben erzielt, während für hellere Farben eine reduzierte Farbmischung verwendet wird.

Weitere Informationen über die Bildqualität beim Druck finden Sie im Kapitel 3 „Informationen zur Auflösung“ auf Seite 41.

Druckertypen

Die folgenden Druckertypen gliedern sich in jeweils zwei Gruppen: Drucker für den Privatgebrauch und professionelle Drucker.

Drucker für den Privatgebrauch

Es gibt zwei gängige Druckertypen, die für die meisten Fotografen erschwinglich sind.

- *Tintenstrahldrucker:* Tintenstrahldrucker produzieren Bilder, indem sie winzige Tintentröpfchen auf das Papier sprühen. Diese Drucker können mikroskopisch kleine Tröpfchen mit großer Präzision auf das Papier aufbringen und so hochauflösende Fotos erstellen. Für die Aufbringung der Tinte auf das Papier gibt es zwei Verfahren. Bei einem Verfahren wird die Tinte auf eine Temperatur erhitzt, bei der sie tropffähig wird. Das zweite Verfahren bedient sich winziger tintengefüllter Düsen, die die Tröpfchen durch Vibration produzieren und auf das Blatt aufbringen.
- *Farbstoffsublimationsdrucker:* Bei Farbstoffsublimationsdruckern wird für die Bilderzeugung ein Farbband erhitzt, bis das Material gasförmig wird und sich so auf das Papier auftragen lässt. Das Band besteht aus einem Kunststoffmaterial, das das gedruckte Bild nahezu wasserdicht und reißfest macht. Die unglaubliche Widerstandsfähigkeit von Bildern mit Farbstoffsublimationsdruck verleihen diesen eine Langlebigkeit, die von keinem anderen Medium übertroffen wird.

Die Qualität von Tintenstrahldruckern hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht, sodass diese Drucker den Farbstoffsublimationsdruckern bezüglich Auflösung und Farbskala überlegen sind.

Professionelle Drucker

Für den professionellen Gebrauch kommen besonders zwei Druckertypen zum Einsatz. Anders als Drucker für den Privatgebrauch sind diese Drucker relativ teuer.

- *Offsetdrucker:* Offsetdrucker werden für hohe Druckvolumina eingesetzt, wie z. B. bei Magazinen und Broschüren. Offsetdrucker bilden aus der Tinte Linien von Halbtonpunkten, um Bilder auf dem Blatt zu erzeugen. Dieser Drucker verwendet einen festen Zylinder, um das Bild auf das Papier zu rollen.
- *RA4-Digitaldrucker:* Mit RA4-Digitaldruckern lassen sich digitale Dateien auf traditionelles Fotopapier drucken. Dabei wird eine Abfolge farbigen Lichts verwendet, um das Papier zu belichten. Auf diese Weise vermischen sich die Farben und erzeugen Halbtonausdrucke. Aufgrund des mit ihnen verbundenen hohen Kosten- und Platzaufwands sind die meisten Fotodirektdrucker nur in professionellen Fotolabors zu finden.

Informationen zur Auflösung

3

Der Begriff „Auflösung“ führt nicht selten zu leichten Missverständnissen. Bei Kameras, Monitoren und Druckern wird die Auflösung auf unterschiedliche Weise gemessen.

Die *Auflösung* beschreibt, wie viele Details ein Bild enthält. Dieses Kapitel umfasst Informationen zur Bildauflösung und zeigt, wie ein gutes Verständnis hinsichtlich der Bildauflösung dazu beitragen kann, bessere digitale Bilder zu erstellen.

Dieses Kapitel enthält Informationen zu folgenden Themen:

- Was bedeutet „Auflösung“? (S. 41)
- Gerätespezifische Maßeinheiten für die Auflösung (S. 44)
- Zuordnen der Auflösung von Kamera bis Drucker (S. 45)
- Berechnen von Farbe und Informationen zu Fließkomma-Berechnungen (S. 47)

Was bedeutet „Auflösung“?

Die Auflösung eines Bilds wird bestimmt durch dessen Pixelanzahl und die Farbtiefe der einzelnen Pixel.

Hinweise zu Pixeln

Ein Pixel ist das kleinste erkennbare Element in einem digitalen Bild. Jedes Pixel stellt eine Farbe dar. Die Farb- und Helligkeitsbereiche eines Pixels werden durch seine Farbtiefe bestimmt. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt „Hinweise zur Farbtiefe“ auf Seite 42.

Durch das Gruppieren der Pixel wird die Illusion eines Bilds erzeugt. Auf Farbmonitoren ergibt die Kombination von drei Farbelementen (eines roten, eines grünen und eines blauen) ein Pixel. Bei steigender Pixelanzahl nimmt die Schärfe der Bilddetails zu, und das Originalmotiv wird klarer dargestellt. Je höher also die Pixelanzahl ist, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass das angezeigte Bild das Originalmotiv sehr realistisch wiedergibt.

Da sehr viele Pixel selbst in einem sehr kleinen Bild vorhanden sein können, wird die Pixelanzahl oft in Megapixel (Millionen von Pixeln) angegeben. So sind z. B. 1.500.000 Pixel gleichbedeutend mit 1,5 Megapixel.

Hinweise zur Farbtiefe

Die *Farbtiefe* beschreibt die Anzahl der Tonwerte oder Schattierungen einer Farbe, die die einzelnen Kanäle in einem Pixel anzeigen können. Durch Erhöhen der Farbtiefe von Farbkanälen in den Pixeln eines Bilds nimmt die Anzahl der Farben, die jedes Pixel darstellen kann, exponentiell zu.

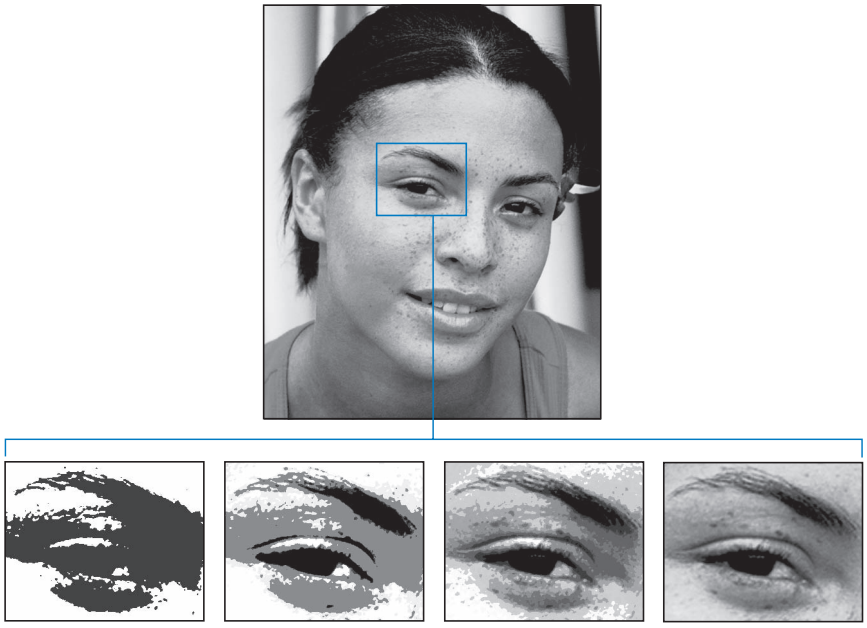
Die anfängliche Farbtiefe eines Bilds wird durch Einstellungen Ihrer Kamera festgelegt. Zahlreiche Kameras bieten mehrere Dateieinstellungen. DSLR-Kameras z. B. verfügen meist über zwei Einstellungen, mit denen der Fotograf eine 8-Bit-JPEG-Datei (mit 8 Bit pro Farbkanal) oder eine 16-Bit-RAW-Bilddatei (mit 12 bis 14 Bit pro Farbkanal) aufnehmen kann.

Bilddateitypen verwenden statische Farbtiefen. JPEG-, RAW- und TIFF-Dateien verfügen über unterschiedliche Farbtiefen. Anhand der folgenden Tabelle wird deutlich, dass der Dateityp, in dem Sie Ihre Bilder aufnehmen, erhebliche Auswirkungen auf die in Ihren Bildern sichtbaren Farbtöne hat.

Farbtiefe pro Farbkanal	Mögliche Tonwerte pro Farbkanal	Am ehesten entsprechender Dateityp
2	4	
4	16	
8	256	JPEG, einige TIFF-Formate
12	4096	Fast alle RAW-Formate
14	16.384	Einige RAW-Formate
16	65.536	Einige TIFF-Formate

Hinweis: Die Farbtiefe einer Bilddatei ist einheitlich (jedes Pixel im Bild hat die gleiche Anzahl von Bit) und wird anfänglich dadurch bestimmt, wie das Bild aufgenommen wurde.

Im Folgenden wird ein praktisches Beispiel für die Farbtiefe angeführt. Sehen Sie sich das Bild des Mädchens unten an, um den Einfluss der Farbtiefe auf ein Bild nachvollziehen zu können. Es handelt sich hierbei um ein 8-Bit-Graustufenbild. Der Bildausschnitt der rechten Augenpartie wird verwendet, um zu verdeutlichen, welche Auswirkungen geringe Farbtiefen auf die Auflösung eines Bilds haben.



1 Bit
2 mögliche Werte

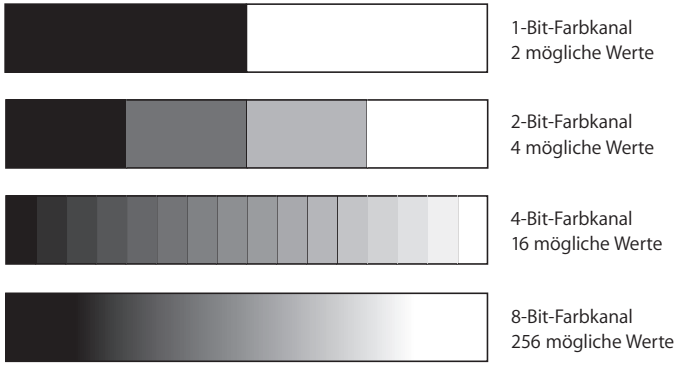
2 Bit
4 mögliche Werte

4 Bit
16 mögliche Werte

8 Bit
256 mögliche Werte

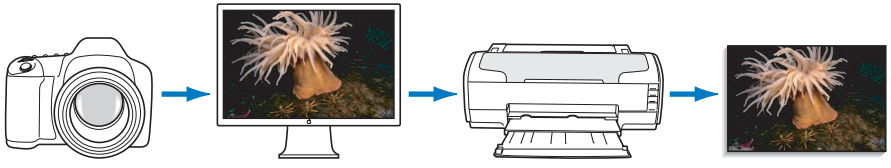
Formate wie JPEG verwenden 24 Bit pro Pixel: 8 Bit für den roten Kanal, 8 Bit für den grünen Kanal und 8 Bit für den blauen Kanal. Ein 8-Bit-Farbkanal kann 256 mögliche Werte (2^8) darstellen, während drei 8-Bit-Farbkanäle 16.777.216 Werte (2^{24}) darstellen können. RAW-Bilddateien verwenden ebenfalls drei Farbkanäle. Da die meisten RAW-Dateien in der Lage sind, 12 bis 14 Bit pro Farbkanal aufzunehmen, ist ihr Farbbereich exponentiell größer.

Das folgende Beispiel zeigt, wie durch Erhöhen der Farbtiefe eines Pixels die Anzahl der darstellbaren Farbwerte zunimmt. Durch Erhöhen der Farbtiefe um 1 wird die Anzahl der möglichen Farbwerte verdoppelt.



Gerätespezifische Maßeinheiten für die Auflösung

Wie Sie bereits erfahren haben, gibt die Auflösung ganz einfach an, wie viele Details ein Bild enthält. Da die Auflösung jedoch für verschiedene Geräte – Kameras, Monitore und Drucker – angegeben wird, können die unterschiedlichen Maßeinheiten durchaus verwirrend wirken. Die Auflösung einer Kamera wird durch die Anzahl der Megapixel (Millionen von Pixeln) bestimmt, die ihr digitaler Bildsensor aufnehmen kann. Die Auflösung eines Monitors wird in Pixel pro Zoll (ppi = pixel per inch) oder als eine maximale Abmessung, z. B. 1920 x 1280 Pixel, angegeben. Die maximale Auflösung eines Druckers wird in Punkte pro Zoll (dpi = dots per inch) ausgedrückt. Ausschlaggebend ist hier also die Anzahl der Bildpunkte, die auf einem Blatt Papier innerhalb eines Quadrat-Zolls platziert werden können. Aufgrund dieser unterschiedlichen Einheiten gestaltet es sich u. U. schwierig, den Überblick über die Auflösung Ihrer digitalen Bilder zu behalten, wenn das Bild von Gerät zu Gerät weitergegeben wird. Zumal sich nicht nur die Maßeinheiten ändern, sondern auch die numerischen Werte.



Zuordnen der Auflösung von Kamera bis Drucker

Die sich beim Übergang von der Kamera auf den Monitor ändernden Maßeinheiten sind nicht leicht nachzuvollziehen. Wenn Sie jedoch nicht verstehen, wie sich die Angabe der Auflösung beim Übergang von einem Gerät auf das andere ändert, beeinträchtigen Sie dadurch u. U. versehentlich die Qualität Ihrer Bilder.

Auflösung von Kameras

Die potenzielle Auflösung einer Kamera wird in Megapixel gemessen (die Anzahl der Millionen von Pixeln, die zum Aufnehmen des Bilds verwendet werden). Je größer die Zahl der Megapixel ist, desto mehr Informationen sind im Bild gespeichert. Der Grund dafür, dass eine Kamera über eine potenzielle Auflösung verfügt, liegt darin, dass die Qualität des Objektivs, die ISO-Einstellung und die Komprimierungseinstellung die Qualität Ihres Bilds beeinflussen können. Weitere Informationen über die Funktionsweise von Digitalkameras finden Sie in Kapitel 1 „Aufnehmen von Bildern mit Digitalkameras“ auf Seite 7.

Die von einer Kamera maximal aufnehmbare Anzahl von Megapixeln kann verwendet werden, um annähernd zu bestimmen, in welcher maximalen Druckgröße ein mit der Kamera in hoher Qualität aufgenommenes Bild letztendlich erstellt werden kann.

Megapixel	Druckgröße bei 200 dpi	Ungefähre unkomprimierte Dateigröße
1	4" x 3"	1 MB
1	4" x 3,5"	2 MB
2	6" x 4"	3 MB
2,5	10" x 6"	7 MB
4	12" x 8"	12 MB
5	14" x 9"	15 MB
7	16" x 11"	21 MB

Auflösung von Monitoren

Die maximale Anzahl von Pixeln, die auf dem Bildschirm eines Monitors angezeigt werden kann, bestimmt dessen maximale Auflösung. Die meisten Monitore verfügen über eine Reihe von Auflösungseinstellungen, aus denen gewählt werden kann. Das 23" Apple Cinema HD Display beispielsweise bietet Auflösungseinstellungen von 640 x 480 bis maximal 1920 x 1200 Pixel. Als Fotograf sollten Sie für Ihren Monitor die maximale Auflösungseinstellung festlegen. Dadurch wird sichergestellt, dass auf dem Bildschirm möglichst viel von Ihrem Bild zu sehen ist.

Unterschiede zwischen den Auflösungen von CRT-Monitoren und Flachbildschirmen

CRT-Monitore und Flachbildschirme verfügen nicht über dieselben Auflösungseigenschaften. CRT-Monitore sind in der Lage, einen Auflösungswechsel auszuführen, sodass die von Ihnen gewählte Auflösung mit der tatsächlichen Auflösung angezeigt wird. Die Pixel werden bei jeder unterstützten Auflösung korrekt und scharf dargestellt. Flachbildschirme verfügen nur über eine einzige native Auflösung, die eine scharfe und wirklichkeitsgetreue Darstellung der Bilddetails bietet. Hierbei handelt es sich um die maximale Auflösung. Bei Auswahl einer anderen Auflösung muss das gesamte Bildschirmbild auf diese Größe interpoliert werden. Die Folge ist ein etwas unscharfes, leicht verschwommen wirkendes Bild.

Auflösung von Druckern

Letztendlich zählt die Qualität der Fotodrucke. Die Qualität der Ausgabe wird durch die Kombination zweier Faktoren festgelegt:

- *Auflösung der Bilddatei:* Die Auflösung der Bilddatei wird bestimmt durch die Anzahl der Pixel im Bild und die Farbtiefe der Pixel selbst. Je mehr Pixel die Bilddatei enthält, desto mehr Informationen kann sie anzeigen. Neben der Pixelanzahl spielt auch die Farbtiefe eine große Rolle. Je größer die Farbtiefe, desto mehr Farben kann ein Pixel anzeigen.

  Weitere Informationen zur Farbtiefe finden Sie im Abschnitt „Hinweise zur Farbtiefe“ auf Seite 42.

- *Auflösung des Druckers:* Die Auflösung eines Druckers wird dadurch bestimmt, wie nah aneinander er die Pixel innerhalb eines Quadrat-Zolls auf Papier platzieren kann (gemessen in dpi). Der maximale dpi-Wert eines Druckers bestimmt die höchstmögliche Qualität, mit der er ein Bild drucken kann.

8-Megapixel-Kamera | 1920 x 1280 Pixel-Bild | 2400 dpi-Drucker

Berechnen von Farbe und Informationen zu Fließkomma-Berechnungen

Wie Sie bereits wissen, werden Farben von digitalen Geräten in Zahlen umgewandelt. Aperture ermittelt Farben mithilfe von Fließkomma-Berechnungen, einer Rechenoperation, die Berechnungen sehr hoher Auflösungen bei minimaler Fehlerquote ermöglicht.

Hinweise zur Farbtiefe und Quantisierung

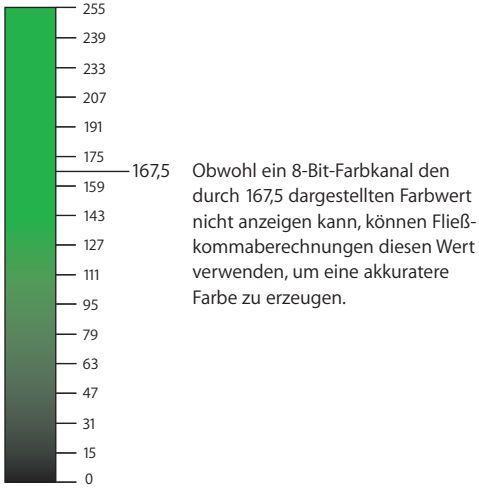
Beim Aufnehmen eines Bilds mit einem digitalen Bildsensor müssen die analogen Spannungswerte in digitale Werte konvertiert werden, die verarbeitet und gespeichert werden können. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt „Digitaler Bildsensor“ auf Seite 19. Der Prozess der Konvertierung eines analogen Spannungswerts in einen digitalen Wert wird als *Digitalisierung* bezeichnet. Beim Konvertieren eines analogen Spannungswerts in einen digitalen Wert muss eine *Quantisierung* durchgeführt werden, damit die Werte in separate numerische Werte konvertiert werden. Die Genauigkeit jedes einzelnen Pixelwerts wird durch die Länge des Binärworts oder die Farbtiefe bestimmt. Ein 1-Bit-Binärwort beispielsweise kann zwei mögliche Zustände darstellen: 0 oder 1. Ein 1-Bit-System kann keine Abstufungen erfassen, da es Tonwerte unabhängig vom jeweiligen Tonwert nur als 0 oder 1 darstellen kann (inaktiv oder aktiv). Ein 2-Bit-Binärwort kann vier mögliche Zustände darstellen: 00, 01, 10 oder 11. Dies lässt sich so fortsetzen. Die meisten digitalen RAW-Bilddateien erfassen mindestens 12 Bit pro Farbkanal (4096 mögliche Zustände), wodurch viele feine Abstufungen von Tonwerten dargestellt werden können. Je mehr Bit zur Verfügung stehen, desto genauer können die Tonwerte der einzelnen Farbkanäle die ursprünglichen analogen Spannungswerte darstellen.

Angenommen, Sie verwenden 128 Zahlen, um die Tonwerte der Farbkanäle in jedem Pixel eines Bilds innerhalb eines Bereichs von 1 Volt darzustellen. Dies würde bedeuten, dass der Analog-Digital-Umwandler Ihrer Kamera mit der Präzision von 1/128 eines Volts arbeitet. Feine Abstufungen in den Tonwerten, die noch detaillierter als 1/128 eines Volts sind, können nicht dargestellt werden und werden auf das nächste 1/128 eines Volts gerundet. Diese Rundungsfehler werden als *Quantisierungsfehler* bezeichnet. Je stärker das Signal gerundet wird, desto niedriger ist die Qualität des Bilds.

Hinweise zum Zusammenhang zwischen Fließkomma und Farbtiefe

Wenn Sie an einem digitalen Bild mehrere Anpassungen vornehmen, werden die Anpassungen mathematisch berechnet, um das Ergebnis zu erstellen. Ähnlich wie bei Analog-Digital-Umwandlungen kann es auch bei der Berechnung von Anpassungen zu Quantisierungsfehlern kommen. Sehen Sie sich z. B. die folgende Berechnung an: 3 ÷ 2 = 1,5. Beachten Sie, dass für die richtige Lösung ein Dezimalkomma hinzugefügt werden musste, um einen zusätzlichen Präzisionsgrad zu erreichen. Wenn dieser Präzisionsgrad aufgrund der Farbtiefe Ihrer Pixel jedoch nicht möglich ist, müsste die Lösung auf 2 auf- bzw. 1 abgerundet werden. Unabhängig davon, ob auf- oder abgerundet wird, ergibt sich daraus ein Quantisierungsfehler. Dies macht sich besonders dann bemerkbar, wenn Sie versuchen, wieder den ursprünglichen Wert zu erhalten. Ohne die Präzision des Fließkommas bleiben nur die Berechnungen 1 x 2 = 2 oder 2 x 2 = 4. Mit keiner Berechnung kann der ursprüngliche Wert von 3 erhalten werden. Es wird also deutlich, dass es u. U. problematisch ist, wenn Anpassungen eine Reihe von Berechnungen erfordern und die sich daraus ergebenden Werte ungenau sind. Bei komplizierten Anpassungen an einem Bild sind eine Vielzahl von Berechnungen erforderlich. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Anpassungen im Vergleich zur Eingabe- oder Ausgabeauflösung bei einer wesentlich höheren Auflösung berechnet werden, um genauere endgültige, gerundete Zahlen zu gewährleisten.

Im Beispiel unten wird ein grüner Kanal eines 24-Bit-Pixels (mit 8 Bit pro Farbkanal) argestellt, der in der Lage ist, 256 Schattierungen von Grün anzuzeigen. Wird eine Anpassung vorgenommen, für die eine Berechnung zwischen dem 167sten und 168sten Farbwert erforderlich ist, müsste das Programm ohne Fließkomma auf den einen oder anderen Wert auf- bzw. abrunden. Das Ergebnis der endgültigen Berechnung wäre ein Farbe, die nicht ganz genau mit der Originalfarbe übereinstimmt. Dabei gehen leider Informationen verloren.



Informationen zur Verwendung des Fließkommas in Aperture

Intern verwendet Aperture Fließkomma-Berechnungen, um Quantisierungsfehler bei der Verarbeitung von Bildanpassungen zu minimieren. Fließkomma-Berechnungen können einen enormen Wertebereich mit sehr hoher Präzision darstellen. Wenn Sie also Anpassungen an einem Bild vornehmen, besitzen die sich ergebenden Pixelwerte eine höchstmögliche Genauigkeit. Oftmals werden beim Vornehmen mehrerer Anpassungen an einem Bild Farben erzeugt, die außerhalb der Farbskala des aktuell verwendeten Farbraums liegen. Tatsächlich ist es so, dass manche Anpassungen in anderen Farbräumen berechnet werden. Das Fließkomma ermöglicht Farbberechnungen, durch die Farben in einem Zwischenfarbraum beibehalten werden, die anderenfalls ausgelassen würden.

Wenn Sie das Bild drucken möchten, muss sich die Ausgabedatei innerhalb der Farbskala des Druckers befinden. Die Tonwerte eines Pixels können mit sehr hoher Genauigkeit verarbeitet und dann ggf. auf die Ausgabefarbtiefe von Monitor oder Drucker gerundet werden. Diese Genauigkeit macht sich besonders beim Rendern dunklerer Schattierungen oder Schatten bemerkbar. Fazit: die Bildverarbeitung mithilfe von Fließkomma-Berechnungen ermöglicht es Ihnen, eine extrem hohe Bildqualität zu erzielen.

Weitere Informationen über die Farbskala finden Sie im Abschnitt „Die Farbskala“ auf Seite 37.

Bildnachweise

Fotografien von Norbert Wu (Seiten 41 und 43)
Copyright 2005 Norbert Wu
http://www.norbertwu.com

Fotografien von Matthew Birdsell (Seiten 9 und 16)
Copyright 2005 Matthew Birdsell
http://www.matthewbirdsell.com